

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки – Нефтегазовое дело
Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Исследование воздействия реагентов на основе полиакриламида на технологических свойств буровых растворов	

УДК 622.24.063.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ92	Соколов Александр Владимирович		14.06.2021

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Глотова В.Н.	к.т.н.		14.06.2021

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк В.Б.	к.э.н.		15.06.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н		15.06.2021

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К.М.	к.х.н.		16.06.2021

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально–экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики) , самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы-в области интеллектуальной собственности</i> .
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i> .
P7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i> .
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.
P9	Разрабатывать и внедрять инновационные решения при строительстве скважин.
P10	Обеспечивать технологический контроль и управление процессом бурения скважин.
P11	Разрабатывать проектную документацию на строительство скважин в осложненных горно–геологических условиях.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Минаев К.М.,

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ92	Соколову Александру Владимировичу

Тема работы:

Исследование воздействия реагентов на основе полиакриламида на технологических свойств буровых растворов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	17.03.2021, № 76–64/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: раствор с образцами полимеров акриламида. Область применения: системы полимерных буровых растворов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Изучение общих сведений о буровых растворах; 2. Анализ влияния концентраций полиакриламида на технологические параметры буровых растворов; 3. Изучение и описание методики проведения экспериментов, обработка полученных данных; 4. Финансовый менеджмент; 5. Социальная ответственность; 6. Перевод одной из основных частей литературного обзора на английский язык;

Перечень графического материала	Необходимость в графических материалах отсутствует
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент ОНД, к.э.н., Романюк Вера Борисовна
Социальная ответственность	Профессор, д.т.н, Сечин Александр Иванович
Часть на иностранном языке	Доцент ОИЯ, д.ф.н., Матвеевко Ирина Алексеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Investigation of the properties of drilling fluids based on polyacrylamide	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Глотова В.Н.	к.т.н.		17.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ92	Соколов Александр Владимирович		17.03.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ92	Соколову Александру Владимировичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	<i>1. Работа с информацией, представленной в аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах. 2. Подбор методики расчета показателей. 3. Выбор исходных данных, в том числе: норм расхода материалов, тарифных ставок заработной платы, а также размера страховых отчислений.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	<i>SWOT-анализ проекта</i>
2. Планирование и формирование график научных начно-исследовательской работы.	<i>Линейный календарный график выполнения работы</i>
3. Планирование и формирование бюджета научно-исследовательской работы	<i>1. Матриальные затраты научно-технического исследования (НТИ); 2. Основная заработная плата исполнителей темы; 3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы; 4. Отчисления на социальные нужды; 5. Бюджет НТИ.</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>1. Матрица SWOT 2. Линейный календарный график проведения НТИ 3. Бюджет НТИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Романюк В.Б.	к.э.н.		17.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ92	Соколов Александр Владимирович		17.03.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ92	Соколов Александр Владимирович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Исследование воздействия реагентов на основе полиакриламида на технологических свойств буровых растворов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объект исследования: технологические параметры буровых растворов</i></p> <p><i>Предмет исследования: реологические свойства буровых растворов на основе полиакриламида</i></p> <p><i>Метод и средства исследования: аналитические и экспериментальные (лабораторные).</i></p> <p><i>Область применения: буровые промывочные жидкости, использующиеся в технологии бурения скважин</i></p> <p><i>Рабочая зона: лаборатория технических жидкостей.</i></p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Инструкция №13-107 по охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы».</i></p> <p><i>Приказ Минтруда России от 09.12.2014 №997н "Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением".</i></p> <p><i>Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ.</i></p> <p><i>"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</i></p>
--	---

<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><i>Проанализировать вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - пониженная влажность воздуха; - температура воздуха в лаборатории; - отсутствие или недостаток естественного света; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - загазованность воздуха рабочей среды; - повышенная температура поверхности оборудования. <p><i>Проанализировать опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - химические (раздражающие и токсические); - электрический ток. <p><i>Рассмотреть источники опасностей, воздействие на человека, нормирование, мероприятия по защите от данных факторов.</i></p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p><i>Влияние объекта исследования на литосферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – химическое загрязнения почв в результате разлива химикатов. <p><i>Влияние объекта исследования на гидросферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рост концентрации ионов тяжелых металлов в поверхностных водах в результате воздействия химических реагентов на почву и ее составляющие. <p><i>Влияние объекта исследования на атмосферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – испарения кислот. <p><i>Влияние процесса исследования на окружающую среду выражены также загрязнением водных ресурсов и почв.</i></p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p><i>В качестве наиболее распространенной ЧС в лаборатории принимается пожар. Необходимо описать возможные причины данной ЧС, рассмотреть мероприятия по предотвращению ЧС, а также составить план действий на случай, если ЧС уже случилась.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения общетехнических дисциплин	Сечин Александр Иванович	Доктор технических наук		17.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ92	Соколов Александр Владимирович		17.03.2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль подготовки «Технология строительства нефтяных и газовых скважин»

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11 февраля 2021	Проведение литературного обзора	20
1 марта 2021	Утверждение методики проведения исследования и обработки данных	5
10 марта 2021	Проведение экспериментальных исследований в лабораторных условиях	20
15 апреля 2021	Анализ полученных экспериментальных данных, промежуточная аттестация	40
5 июня 2021	Предварительная защита диссертации	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Глотова В.Н.	К.Т.Н.		14.06.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К.М.	К.Х.Н.		16.06.2021

Реферат

Магистерская выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 12 рисунков, 23 таблиц, 57 литературного источника, 1 приложения.

Ключевые слова: буровой раствор, полиакриламид, полимеры, реологические свойства, структурно-механические свойства, показатель фильтрации.

Цель работы – рассмотреть зависимость свойств бурового раствора на основе добавок полимеров акриламида.

Объект исследования: базовая глинистая суспензия, раствор с образцами полимеров акриламида.

В процессе исследования были рассмотрены основные факторы функционального бурового раствора, химически связанных, нейтральных или синтетических полимеров, исследовано влияния концентраций полиакриламида на технологические параметры буровых растворов. Изучены существующие разновидности реагентов на основе полиакриламида. Описаны методики проведенных экспериментов, проведена обработка полученных данных.

Область применения: системы полимерных буровых растворов, позволяющих создавать малопроницаемые корки, уменьшающие влагоперенос фильтрата бурового раствора в глинистые породы и тем самым, обуславливающие длительную устойчивость стенок скважины.

В данной работе использованы некоторые обозначения и сокращения с соответствующими расшифровками:

т.е. – то есть;

т.д. – так далее;

др. – и другие.

Оглавление

Введение.....	14
1. Литературный обзор.....	15
1.1 Функции и классификации буровых растворов.....	15
1.1.1 Функции бурового раствора.....	15
1.1.2 Состав бурового раствора.....	16
1.1.3 Параметры бурового раствора. Основные причины изменения и регулирование параметров.....	19
1.1.4 Особенности составов и свойств промывочных жидкостей, применяемых при бурении.....	22
1.2 Совершенствование полимерных буровых растворов.....	29
1.2.1 Строение и классификация полимеров.....	31
1.2.2 Применение полимеров в буровых растворах.....	33
1.2.3 Водные растворы полимеров.....	43
1.2.4 Полимерные растворы на основе синтетических полимеров, полиакриламид.....	43
1.3 Заключение по литературному обзору.....	49
2. Экспериментальная часть.....	50
2.1. Методика эксперимента.....	50
2.1.1. Средства и материалы для проведения экспериментов.....	50
2.1.2. Порядок проведения экспериментов.....	52
2.1.2.1. Приготовление базовой глинистой суспензии.....	52
2.1.2.2. Приготовление растворов с образцами полимеров акриламида.....	53
2.1.2.3 Определение плотности бурового раствора.....	53

2.1.2.4	Определение реологических параметров.....	53
2.1.2.5	Методика измерения фильтрации бурового раствора.....	54
2.1.2.6	Исследование растворимости 0,5%-х водных растворов полимеров в солевом растворе.....	55
2.1.3.	Обработка полученных экспериментальных данных.....	55
2.2.	Результаты и их обсуждение.....	55
2.3	Вывод по экспериментальной части.....	60
3.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	62
3.1	SWOT-анализ.....	62
3.2	Планирование научно-исследовательской работы.....	67
3.2.1	Структура работы в рамках научного исследования.....	67
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	68
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	69
3.2.4	Бюджет научно-технического исследования.....	72
3.2.4.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	72
3.2.4.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	72
3.2.4.3	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	74
3.2.4.4	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	75
4.	Социальная ответственность.....	76
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	77

4.1.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	77
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	79
4.2 Производственная безопасность.....	80
4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	80
4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия.....	85
4.3 Экологическая безопасность.....	87
4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	87
4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	87
4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды....	87
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
Список использованных источников.....	93
Приложение А.....	98

Введение

В связи с продолжающимся ростом спроса на углеводороды операторы нефтегазовой отрасли всегда стремятся бурить более глубокие скважины, чтобы получить доступ к ранее недостижимым углеводородам. Значение разведки глубоких и сверхглубоких скважин быстро возрастает, чтобы удовлетворить растущие глобальные потребности в нефти и газе. Бурение на такой глубине ставит широкий спектр сложных задач. Большинство аварий и осложнений обусловлено применением бурового раствора, несоответствующего условиям бурения. Необходимость освоения глубокозалегающих продуктивных отложений требует использования буровых растворов, способных предупреждать диспергирование, гидратацию глинистых пород и обеспечивать длительную устойчивость ствола скважины и качественное вскрытие продуктивных пластов.

Инженер по бурению должен иметь точную оценку значений реологических характеристик бурового раствора, таких как вязкость, предел текучести и прочность геля, и это чрезвычайно важно для успешной операции бурения.

В ряду синтетических высокомолекулярных соединений, применяемых для обработки промывочных жидкостей применяется полиакриламид.

Полиакриламид работает как понизитель фильтрации только в глинистых буровых растворах и малоэффективен в этом качестве в растворах без твердой фазы. Однако в качестве загустителя водной фазы может с успехом использоваться в безглинистых системах, в том числе, в минерализованных водных растворах.

Целью проведенных экспериментальных исследований является рассмотреть зависимость свойств бурового раствора на основе добавок полимеров акриламида.

1. Литературный обзор

Решение сложных технико-технологических задач при строительстве нефтяных и газовых скважин, а также успешность выполнения цели по созданию долговременного объекта для извлечения углеводородов из недр обеспечивается применением буровых промывочных жидкостей [1].

В мировой практике на текущий момент прослеживаются тренды усложнения профиля скважин и увеличения глубины бурения, помимо этого предъявляются требования все более и более эффективной и полной эксплуатации продуктивных пластов. И как следствие всего этого возрастает вероятность возникновения разного рода осложнений.

Состав и свойства бурового раствора, согласно предъявляемым к ней требованиям, должны не оказывать негативного воздействия на коллекторские свойства продуктивного пласта, а так же обеспечивать возможность профилактики большинства из вероятных осложнений [2, 3, 1].

Промывочная жидкость должна быть стабильной в условиях различной по степени и составу минерализации, а так же при воздействии высоких забойных температур. Кроме того она должна быть безопасна для обслуживающего, рабочего персонала, не опасной в пожарном отношении и не представлять угрозы для окружающей среды [2, 3, 1].

1.1 Функции и классификации буровых растворов

1.1.1 Функции бурового раствора

К буровому раствору предъявляется множество требований. Исторически главной функцией бурового раствора было удаление шлама или выбуренной породы, образующихся в процессе углубления скважины. На сегодняшний день число функций бурового раствора значительно возросло. Связано это с пропорциональным увеличением количества операций, производимых в бурении. При роторном бурении основными функциями, выполняемыми буровым раствором, являются:

1. Вынос шлама на поверхность в процессе бурения по кольцевому пространству.
2. Очистка долота и охлаждение.
3. Снижение трения между бурильным инструментом и стенками скважины.
4. Поддержание стабильности стенок скважины.
5. Предотвращение притока жидкостей - нефти, газа или воды - из проницаемых пород в скважину.
6. Создание тонкой, непроницаемой корки на стенках скважины.
7. Содействие в сборе и интерпретации информации, получаемой при изучении шлама и керна.

В сочетании с вышеуказанными функциями существуют определенные ограничения, накладываемые на буровые растворы. Буровой раствор должен:

1. Не наносить вреда буровому персоналу и окружающей среде.
2. Не требовать дорогостоящих методов заканчивания скважины.
3. Не нарушать коллекторские свойства продуктивного пласта.
4. Не подвергаться коррозии и не вызывать чрезмерный износ бурового оборудования.

1.1.2 Состав бурового раствора

Существуют различные классификации буровых растворов, однако наиболее распространенная – классификация в зависимости от дисперсионной среды или так называемой основы промывочной жидкости:

- *Буровые растворы на водной основе.* Твердые частицы дисперсной фазы распределены в воде или рассоле. Масло также может быть эмульгировано в воде, которая является дисперсионной средой.
- *Буровые растворы на углеводородной основе.* Твердые частицы распределены в масле. Вода или рассол могут быть эмульгированы в масле, то есть масло является непрерывной дисперсионной средой.

- *Пенные системы и газы.* Буровой шлам выносится на поверхность высокоскоростным потоком воздуха или природного газа. Для выноса воды в систему добавляются вспенивающие агенты.

Частицы твердой фазы, так или иначе попадающие в буровой раствор, могут быть глинистыми коллоидными частицами, которые намеренно вводятся в систему для обеспечения необходимых реологических и фильтрационных свойств раствора; тяжелыми минералами (обычно барита, добавляемого для увеличения плотности бурового раствора) и горной породой, «нарабатываемой» в процессе углубления скважины.

Водная фаза бурового раствора может содержать растворенные соли как введенные с определенной целью, так и нежелательно попавшие из пласта. Твердые частицы могут быть разделены на три группы в зависимости от размера: коллоидные частицы размером от 0,005 до 1 мкм (1 мкм = 0,001 мм), которые придают вязкие и фильтрационные свойства буровому раствору; ил и барит (иногда называемые «инертной твердой фазой»), 1-50 мкм, которые обеспечивают необходимую плотность; и песок, 50-420 мкм, который, помимо кольматации некоторых высокопористых коллекторов, может проявлять абразивные свойства и изнашивать буровое оборудование. В связи с этим обычно содержание песка в буровом растворе строго ограничивается, особенно при бурении интервала под эксплуатационную колонну [1].

Активность коллоидной фазы в основном обусловлена небольшим размером частицы (и, следовательно, высокой удельной поверхностью) относительно ее массы. Из-за этой высокой удельной поверхности поведение частиц определяется главным образом электростатическими зарядами на их поверхности, которые приводят либо к притяжению, либо к отталкиванию частиц. Глинистые минералы являются особенно активными коллоидными частицами, отчасти из-за крошечных размеров пластинок или так называемых «глинистых пакетов», а частично из-за их молекулярной структуры. В совокупности эти факторы приводят к образованию отрицательных зарядов на базальных поверхностях частиц и положительных зарядов на их торцевых

гранях. Взаимодействие между этими противоположными зарядами оказывает значительное влияние на вязкость глинистых буровых растворов при малых скоростях сдвига и отвечает за образование обратимой структуры в те моменты, когда буровой раствор находится в состоянии покоя и не происходит его циркуляции. Другими словами, наличие глинистых коллоидных частиц в буровом растворе обуславливает его тиксотропические свойства.

Глины – это горные породы, которые состоят из монтмориillonита, каолинита и иллита, из которых монтмориillonит является самым активным минералом. Другие минералы, такие как кварц, полевой шпат, кальцит и т. д., также могут присутствовать как в виде коллоидных частиц, так и в виде частиц более крупного размера. Когда глина смешивается с водой, вязкость полученного раствора зависит от тех минералов, которые входят в ее состав. Коммерческие глины, используемые в буровых растворах, оцениваются по их «выходу», который определяется как объем бурового раствора с кажущейся вязкостью 15 сантипуаз, полученные из 1 тонны глины. Бентонит Вайоминга, который содержит около 85% монтмориillonита, на сегодняшний день обладает самым большим выходом. Аналогичным образом, в скважине увеличение вязкости бурового раствора значительно выше при бурении «молодых» пород, нежели при проходке пород «старых», не проявляющих физико-химическую активность [1].

В первом случае регламентируемая вязкость должна поддерживаться путем химической обработки, разбавления или механического отделения твердых частиц на поверхности. Во втором – порода должна быть удалена механическим путем, а необходимые реологические и фильтрационные свойства могут быть поддержаны путем введения товарного бентонита или полимеров.

Если существует технологическая необходимость, коллоидные глинистые частицы иногда дополняются или даже полностью заменяются органическими компонентами. Крахмал или целлюлозные полимеры могут быть введены в раствор, если глины начинают флокулировать при загрязнении

раствора солями или цементом. Целлюлозные, полиакриловые и природные полимеры также используются в буровых растворах с низким содержанием твердой фазы, что помогает поддерживать стабильность стенок скважины и минимизировать диспергирование бурового шлама в растворе. Эти полимеры состоят из длинных цепей мономеров, которые адсорбируются на поверхности частиц выбуренной породы и предотвращают её измельчение. Вязкие свойства этих полимеров обусловлены главным образом адсорбцией воды их функциональными группами. Они не способны образовывать тиксотропную структуру (за исключением одного полимера, о котором речь пойдет чуть дальше).

Коллоидная фаза бурового раствора на нефтяной основе может быть представлена окисленным асфальтом или битумом. Необходимые реологические и фильтрационные свойства достигаются в результате эмульгирования воды в углеводородной фазе раствора (известном как инвертная эмульсия). Тиксотропные свойства данной системы могут быть получены путем добавления глин, обработанных поверхностно-активными веществами. Данная обработка делает глину диспергируемой в масле, т.е. олеофильной. Аналогично обработанный лигнит может быть добавлен в раствор для получения улучшенных фильтрующих свойств, если существует технологическая необходимость [1,13].

1.1.3 Параметры бурового раствора. Основные причины изменения и регулирование параметров

Для обеспечения качественного строительства скважин и выполнения функций буровой раствор должен обладать универсальными свойствами [1].

К основным причинам изменения параметров бурового раствора в процессе бурения относятся:

1) *Увеличение концентрации твердой фазы за счет частиц разбуренных пород.*

От 50 до 90 процентов массы частиц разрушенных пород удаляются с помощью очистной системы. Остальные же, наиболее мелкодисперсные,

остаются в промывочной жидкости. Часть дисперсной системы расходуется на их смачивание: чем большая площадь поверхности частиц твердой фазы, тем больший расход дисперсной системы расходуется на смачивание. Поэтому с увеличением количества твердой фазы и роста ее удельной поверхности в результате диспергирования частиц возрастают реологические свойства промывочной жидкости, изменяются водоотдача и толщина корки. Эти изменения особенно интенсивно происходят при разрушении пород высококоллоидальных глин с использованием промывочной жидкости на водной основе [1].

2) Физико-химическое и механическое диспергирование этих частиц.

В процессе циркуляции бурового раствора происходит разрушение частиц выбуренной породы механическим и физико-химическим путем. В результате этого увеличивается концентрация твердой фазы. На ее смачивание расходуется часть дисперсионной среды, и как следствие происходит изменение параметров бурового раствора [1].

3) Поступление пластовых вод и газов.

Если пресная вода попадает в промывочную жидкость на водной основе, то значения реологических свойств уменьшаются (снижается стабильность, увеличивается водоотдача). Более сложное воздействие на свойства промывочной жидкости на водной основе наблюдается при попадании в нее минерализованных пластовых вод. Повышение водосодержания должно разжижать промывочную жидкость, но между ионами минерализованной воды и глинистыми частицами происходят химические реакции. Поэтому, если увеличение водосодержания промывочной жидкости незначительное, а возрастание минерализации умеренное, то может произойти гидрофильная коагуляция, при которой снижается толщина водных оболочек на частицах глин, также возрастают СНС, толщина фильтрационной корки, водоотдача и условная вязкость. Если минерализация сильно возрастет, то может случиться полная нейтрализация зарядов глинистых частиц с дальнейшей их флокуляцией в крупные агрегаты. В то же время суспензия расслаивается на жидкую и

твердую фазы, теряет тиксотропные свойства и увеличивает свою водоотдачу [1].

4) Растворение пород.

При бурении соляных отложений или интервалов вечной мерзлоты происходит растворение солей или льда в буровом растворе. Одновременно с этим изменяются значения реологических свойств, ухудшается стабильность, возрастает водоотдача [1].

5) Увеличение температуры с глубиной.

С увеличением температуры уменьшается пластическая вязкость промывочной жидкости и возрастают водоотдача и статическое и динамическое напряжения сдвига глинистых суспензий. Глинистые суспензии, обработанные кальцием, могут затвердевать при температуре свыше 130°C с дальнейшим образованием гидроалюмосиликатов кальция при химических реакциях кальция с кремнеземом и глиной. [1, 2, 3].

6) Увеличение давления с глубиной.

Если жидкость не газирована, то повышение давления на свойствах жидкости на водной основе сказывается незначительно. Если же жидкость приготовлена на углеводородной основе, то ее динамическое напряжение сдвига (ДНС), вязкость и плотность при увеличении давления возрастают с повышением температуры [1].

7) Бактериальное воздействие.

Чаще всего для буровых работ применяют химически обработанные промывочные жидкости на водной основе, что ведет к ухудшению их свойств. Причиной ухудшения их свойств также может быть разложение химических реагентов под воздействием бактерий при возрастании температуры более некоторого предела [1,5].

1.1.4 Особенности составов и свойств промывочных жидкостей, применяемых при бурении

В наше время для ликвидации и профилактики возникающих в процессе бурения осложнений разработано огромное количество промывочных жидкостей с применением разного рода химических реагентов.

Огромный вклад в изучение роли промывочных жидкостей в профилактике и предотвращении осложнений, разработку их технологии приготовления и применения внесли работы Э.Г. Кистера, Р.И. Шищенко, К.А. Царевича, Б.Б. Бакланова, В.Д. Городнова, Э.Г. Агабальянца, О.К. Ангелопуло, Г.А. Бабаляна, В.И. Рябченко, А.И. Булатова, Дж.Р. Грей, П.А. Ребиндера, Б.В. Дерягина, Р.Г. Ахмадеева, Н.И. Шацова, С.Ю. Жуховицкого, О.С. Загармистр, Г.В. Конесева, Н.И. Крысина, А.А. Линевского, С.Н. Ятрова, М.Р. Мавлютова, А.И. Пенькова, Н.М. Шерстнева и многих других исследователей [6, 7, 10, 13, 14, 19, 20, 22].

В области изучения структурно-механических свойств растворов и теории их стабилизации были проведены исследования при участии К.Ф. Жигача и Л.А. Шрейнера. А теоретические основы коллоидных и дисперсных систем рассматриваются в трудах академика П.А. Ребиндера.

Работы М. Вильяме, В.С. Баранова, З.П. Букса, и Г. Кеннона рассматривают вопросы определения качества промывочных жидкостей.

Использование солестойкой глины было предложено такими учеными как М. Кросс и Р. Кросс [4, 5, 1].

Возможность применения щелочных гуматов, лигносульфонатов и природных таннидов (квебрахо) в качестве новых способов химической обработки была проанализирована в трудах Г. Латона, Г. Грея и В.С. Баранова. Использование реагентов дало возможность создать специализированные буровые растворы для различного рода геологотехнических обстановок, а так же преодолеть температурную агрессию. Во многих случаях получилось добиться результатов и расширить возможности бурения и это во многом определило технический процесс разработки месторождения.

Одним из таких достижений является применение гипсовых, хлоркальциевых и известковых растворов, общее название для всех них – ингибированные. Они продолжительное время сохраняют в норме свои реологические свойства, имеют высокую глиноёмкость и помимо этого облегчают проходку неустойчивых пород [6].

Во время бурения твердых, пород с механической скоростью, не более восьми - девяти метров в час, применяются, занимающие промежуточное положение между водой и обычными глинистыми растворами, малоглинистые растворы. Низкая концентрация твердой фазы, которая обеспечивает многие преимущества перед глинистыми растворами с классической концентрацией глины: уменьшение вероятности сальникообразования и прихватов, увеличение механической скорости бурения, понижение гидравлического сопротивления и вместе с этим поддержание той же удерживающей и глинизирующей способностей обуславливает эффективность применения малоглинистых растворов [7, 3, 8].

Но наличие в разрезе, загущающих раствор, пластичных глин и коллоидальных глин, не подвергающихся флокуляции, а так же невысокая плотность накладывают ограничения на применение малоглинистых растворов.

В настоящее время для предотвращения осыпания и гидратации сланцевых глин при сооружении скважин, с глубиной не превышающей 3000 м, для промывки применяют, приводящие к флокуляции выбуренной породы недиспергирующие растворы с малым содержанием твердой фазы. Это достигается путем добавления реагентов – флокулянтов без воздействия на структурирующий компонент бурового раствора – бентонитовую глину.

Полимерглинистые растворы обладают низкими параметрами фильтрации, имеют пониженные гидравлические сопротивления, низкое поверхностное натяжение фильтрата (до $2,4 \cdot 10^{-2}$ Н/м), характеризуются хорошими смазочными свойствами, что благоприятно сказывается на буримости горных пород. Однако, эффективность реагентов-флокулянтов ограничена в условиях минеральной (не более 2000-3000 мг·экв/л хлорида

натрия, 280 мг·экв/л хлорида кальция) и температурной агрессии (не более 100-120°C), а также исключается возможность совместного применения химических разжижителей [9, 10, 11, 6, 12,13].

Для получения растворов небольшой плотности, характеризующихся хорошими реологическими и фильтрационными свойствами, обладающих высоким ингибирующим эффектом и селективным действием, в глинистые полимерные растворы вводят добавки солей Na, Mg, Al, Fe, а также их комбинаций [14, 15, 10].

Ингибированные глинистые растворы применяются при бурении неустойчивых, самодиспергирующихся пород. Эффект ингибирования заключается в физико-химическом взаимодействии глины и электролита, что приводит к подавлению набухания глинистых пород. При этом уровень гидрофильности глины должен обеспечивать агрегативную и кинетическую устойчивость системы бурового раствора, а достигнутая степень коагуляции снижает чувствительность глинистых дисперсий к воздействию электролитов, пластовых вод, твердой фазы. Повышается глиноемкость системы, а адсорбция на глинах ионов Ca^{+2} , K^{+} , Ba^{+2} способствует снижению набухания глин, повышает устойчивость к увлажнению [4, 10, 11, 16, 17, 18].

В настоящее время известно и широко используется большое количество разновидностей ингибирующих буровых растворов: хлоркальциевых, калиевых, известковых, гипсовых, алюминатных, силикатных, растворов с регулируемой осмотической активностью и другие.

Однако, несмотря на высокий ингибирующий эффект, в глинах при промывке скважин хлоркальциевыми растворами необходимо жестко контролировать параметр фильтрации, увеличение которого приводит к появлению в скважине обвалов и осыпей в глинистых сланцах вследствие объемного увлажнения массива пород. Для стабилизации системы применяют защитные реагенты как: КССБ, КМЦ, крахмал, а также реагенты - понизители вязкости. Применение термостойких реагентов (КССБ, ФХЛС) устраняет

основной недостаток хлоркальциевых растворов, связанный с низкой термостойкостью не более 125 оС.

Калиевые растворы являются наиболее перспективными для бурения в неустойчивых глинах. Однако, при поступлении частичек выбуренной породы они сильно загустевают, вследствие чего для эффективного регулирования реологических свойств вводят водный раствор лигносульфонатов (ССБ, КССБ, ФХЛС) [10, 22, 23].

В состав известковых растворов, наиболее эффективных при бурении в глинистых легко переходящих в раствор породах, кроме глины, воды и извести, входят каустическая сода и реагенты - понизители вязкости и фильтрации. При введении в глинистый раствор извести кальций двумя свободными валентностями присоединяется к одной или к двум частицам глины, образуя длинные цепочки, способствующие повышению вязкости раствора. Однако, при перемешивании происходит разрыв цепи с образованием агрегатов частиц, более крупных по сравнению с частицами до введения извести. Для предотвращения возникновения цепочек в глинистый раствор вводят лигносульфонатные реагенты, устойчивые к действию кальция [24].

Гипсовые растворы применяются в условиях проявления минерализованных пластовых вод как сульфатного, так и кальциевого типа, они более устойчивые, по сравнению с известковыми и хлоркальциевыми, к действию полиэлектролитов и высокой температуры. Сульфат ионы, входящие в состав пластовых вод и вводимые вместе с кальцием, обладают более высоким коагулирующим действием, чем гидрат-ионы. В связи с этим, для защиты глинистых частиц от коагуляции при ингибировании гипсом требуются химические реагенты, обладающие способностью эффективно регулировать реологические свойства раствора, обладать стабилизирующими свойствами, а также содержать в своем составе сульфогруппы и не выпадать в осадок при взаимодействии с кальцием. Всем этим критериям отвечают реагенты на основе лигносульфоната (ФХЛС, ХЛС, КССБ) [25, 26].

Алюминатные растворы применяются при разбурировании аргиллитов и малоувлажненных (до 10% влаги) высококоллоидальных глин. Положительный эффект применения основан на том, что образующийся в растворе гидроксид алюминия, адсорбируясь на выбуренной породе, препятствует ее переходу в раствор, закупоривает трещины и поры, тем самым, снижая обводнение пластов, и укрепляет стенки скважины. Однако, избирательность применения объясняется созданием гидратной оболочки вокруг гидроксида при его образовании, которая снижает силу положительного заряда. Отрицательно заряженные глинистые частицы, вследствие этого, лишены возможности притягивать гидратированный положительно заряженный гидроксид алюминия и поэтому они не дегидратируются и не коагулируют.

Для решения этой проблемы в алюминатные растворы вводят реагенты на основе лигносульфонатов, которые хорошо сочетаются с гидроксидом алюминия и способствуют предотвращению гидратации и диспергирования глин.

Для повышения устойчивости ствола скважины при разбурировании осыпающихся пород применяются силикатные растворы, действие которых обусловлено обменом катионов натрия жидкого стекла с катионами кальция глинистых пород. Освободившиеся катионы кальция взаимодействуют с анионами силиката жидкого стекла с образованием нерастворимого соединения силиката кальция, проявляющего цементирующие свойства. Однако, силикатные растворы не нашли широкого применения в связи с тем, что свойства растворов плохо регулируются, обладают низкой термостойкостью и снижают проходку на долото, вследствие загустевания при обогащении выбуренной глинистой породой. Применение силикатных растворов высокой концентрации вызывает высокие материальные затраты [20, 23, 27, 28].

Сульфит-солевые растворы, содержащие до 40% лигносульфонатов и до 25% поваренной соли, являются одной из разновидностей ингибированных систем. Сульфит-солевые растворы обеспечивают необходимую вязкость и фильтрацию за счет лигносульфонатов, образующих коллоидно-дисперсные

растворы. Для улучшения структурномеханических свойств в растворы вводят до 6% бентонитового глинопорошка. Ограничение в применение сульфит-солевых растворов в практике промывки скважин объясняется тем, что сульфит-солевые растворы не обеспечивают устойчивости стенок скважин, сложенных глинистыми породами.

Эмульсионные глинистые растворы применяются при бурении глинистых и глинисто-карбонатных пород, склонных к набуханию, образованию сальников на бурильных трубах, затяжкам и прихватам инструментов и т.д. Положительный технологический эффект применения эмульсионных растворов основан на образовании тонкой пленки на поверхности разбуриваемой породы, породоразрушающего инструмента и бурильных труб, что приводит к повышению эффективности бурения, увеличению долговечности времени эксплуатации инструмента, уменьшению трения труб о стенки скважины, что способствует выполнению важной функции эмульсионных растворов - профилактике затяжек и прихватов [28, 29].

Глинистый компонент в данной системе выступает не только в качестве эмульгатора, но и в присутствии нефтяной фазы образует сопряженные суспензионно-эмульсионные структуры. Высокодисперсные глинистые частицы образуют на поверхностях раздела структурированные адсорбционные слои, обладающие большой прочностью, покрывая и тем самым, предохраняя глобулы от агрегирования, которые соединяются в структурные цепи, способствующие образованию жесткой и прочной структуры каркаса. Рассмотренный механизм объясняет структурномеханические свойства эмульсионных растворов с малым содержанием твердой фазы, однако такое структурообразование снижает глиноемкость растворов и приводит к загущению. Для эффективного устранения загущения применяются реагенты - понизители вязкости. Эмульсионные растворы приобретают стабильность, так как вводимые химические реагенты (лигносульфонаты, УЩР, КМЦ и др.) усиливают роль глины как эмульгатора.

На основании проведенного обзора видов и свойств промывочных жидкостей можно отметить, что буровые промывочные жидкости прошли долгий и сложный путь развития от простых до многокомпонентных дисперсных систем, стабильных и способных противостоять агрессии различных по составу и степени минерализации солей, высоких и низких температур и загущающей способности разбуриваемых горных пород [30, 31].

Глинистые растворы являются наиболее простыми и экономичными, однако в качестве промывочной жидкости имеют существенные недостатки: неустойчивы при разбурировании водорастворимых пород и минерализованных пластовых вод, что может выражаться различно: повышением вязкости и предельного напряжения сдвига, образование рыхлой, толстой и липкой фильтрационной корки, вследствие, чего глинистая систем расслаивается и происходит ее коагуляционное разжижение или гидрофобная коагуляция. Перечисленные изменения свойств глинистого раствора являются причиной осложнений при бурении скважин и могут привести к значительному снижению скоростей бурения [32]. В связи с этим, последующие работы в области совершенствования и разработки систем глинистых растворов и химических реагентов, способствующих предупреждению различных осложнений, были направлены на повышение их эффективности в условиях высоких температур и минерализации среды [27, 33].

В середине 40-х годов возрос интерес к промывочным жидкостям после того, как многими специалистами была установлена зависимость начальной продуктивности вскрываемых нефтяных пластов от качества применяемых глинистых растворов. На сегодняшний день наиболее перспективными являются растворы с малым содержанием твердой фазы. Возросла роль растворов на нефтяной основе и особенно инвертных эмульсий, аэрированных растворов [34].

Достижением последних лет ряда зарубежных и отечественных компаний, ученых коллективов НИИ и вузов, занимающихся исследованиями систем буровых промывочных жидкостей, является использование

безглинистых полимерных и биополимерных растворов, которые способствуют максимальному сохранению первоначальной продуктивности коллекторов. Основу этих композиций составляют полимеры растительного происхождения, продукты направленного синтеза и биополимеры.

Однако, среди них, видимо еще длительное время основное место будут занимать буровые растворы на глинистой основе, что объясняется возможностью приготовления широкого спектра различных видов промывочных жидкостей, используемых в частности, при бурении в сложных геолого-физических условиях и при создании термостойких буровых сред.

Практически во всех видах промывочных буровых растворов на глинистой основе, для регулирования технологических параметров, применяются реагенты - понизители вязкости, особенно лигносульфонатные, в связи с этим интерес представляет сохранение выпуска реагентов на основе лигносульфоната, в том числе и реагентов - понизителей вязкости.

Для расширения области применения силикатных и сульфит-солевых растворов, имеющих ряд существенных недостатков, представляет интерес рассмотреть возможность совместного применения силиката натрия и лигносульфонатных реагентов с целью получения промывочной жидкости, обеспечивающей устойчивость стенок скважины, обладающей высокими реологическими свойствами и устойчивой к воздействию температуры, и минерализации.

1.2 Совершенствование полимерных буровых растворов

Первый опыт применения бурового раствора, содержащего полимеры, был зафиксирован в США в 30-х годах 20 века. Раствор состоял из кальцинированной воды, бентонита и полимера (сополимер малеиновой кислоты и винилацетата), которой обладал загущающими и флокулирующими свойствами. В России полимерсодержащие буровые растворы обрели более широкую популярность в 1970-х гг., благодаря работам И.Ю. Хариева, А.У. Шарипова, М.К. Турапова, У.А. Скальской, А.И. Пенькова, В.П. Овчинникова, К.Л. Минхайрова, М.Р. Мавлютова, Р.Р. Лукманова, Я.М. Курбанова, Г.В.

Конесова, Э.Г. Кистера, Г.Д. Дедусенко, Р.С. Ахмадеева, О.К. Ангелопуло, Б.А.Андрессона, М.И. Липкеса и многих других [15].

Состав полимерных буровых растворов в течении времени эволюционировал в сторону максимально возможной сохранности коллекторских свойств продуктивного пласта при первичном вскрытии постепенно отходя от обеспечения постоянства функциональных свойств бурового раствора в процессе разбуривания. Изначально, применение буровых растворов, содержащих полимеры, было обусловлено желанием увеличить скорость проходки, а также механическую скорость. С течением времени, с осложнением геологических условий при бурении (увеличение давлений, температур, глубины и наличие несовместимых зон), буровые растворы становятся экологическими чистыми, ингибированными, устойчивыми к воздействию условий в пластах, а также приобретают характеристики, обеспечивающие устойчивость ствола скважины и сохранение коллекторских свойств пласта. На рисунке 1 схематично показана диаграмма, иллюстрирующая эволюцию буровых растворов, предложенная автором [15].

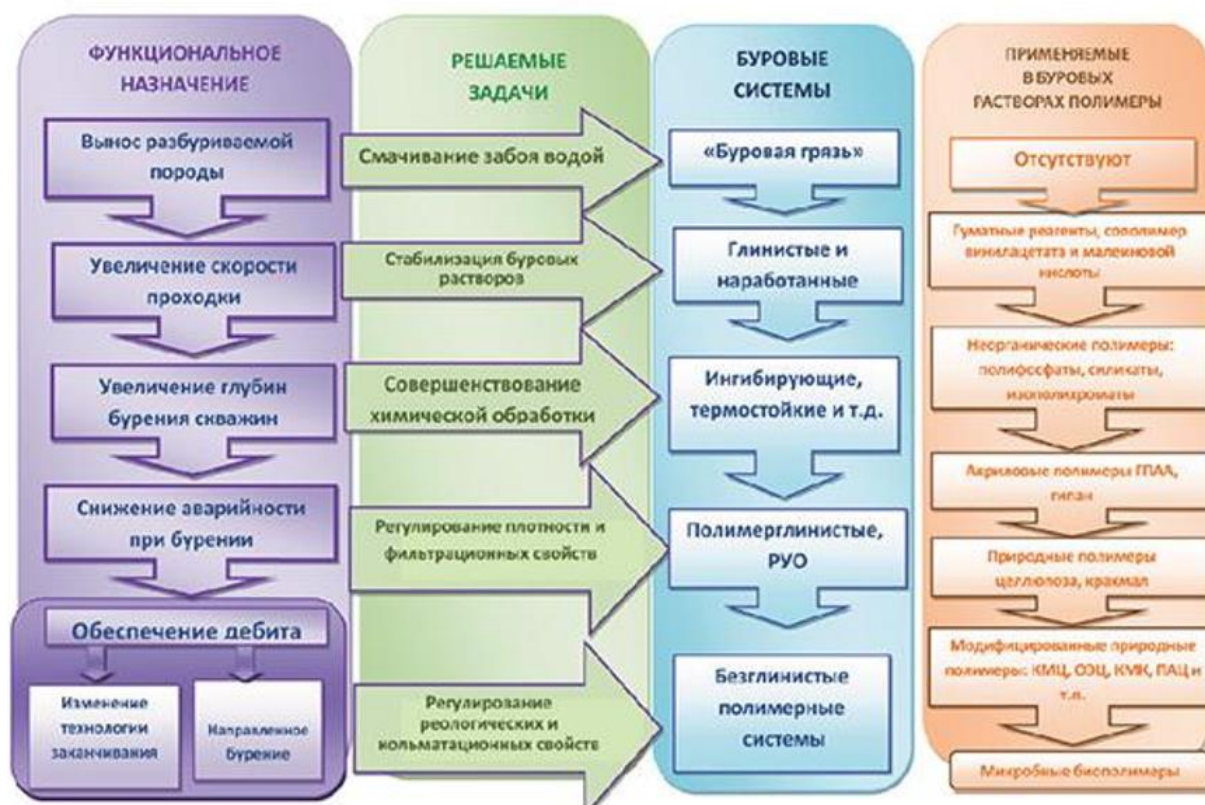


Рисунок 1 – Эволюция полимерных буровых промывочных жидкостей.

Внимания к сохранности продуктивного пласта в то время практически не уделялось, а главным приоритетом были пройденные метры, если отсутствовали обвалы, осыпи, потеря бурового раствора и другие осложнения. Бурильщики медленно, но верно «убивали» пласты, а разработчики впоследствии не могли получить желаемого дебита из скважины. Исходя из этого напрашивался следующий эволюционный скачок в рецептуре для получения новых буровых растворов, а именно направленный на сохранение коллекторских свойств продуктивного пласта. Так, пристальное внимание заслужили безглинистые буровые растворы, к которым добавлялись природные органические полимеры – природные модифицированные полимеры и биополимеры.

1.2.1 Структура и классификация полимеров

Полимер – это крупная молекула, состоящая из меньших, идентичных друг другу повторяющихся частей. Эти малые части носят название мономеров. При соединении мономеров друг с другом происходит полимеризация и образуется более крупная молекула – полимер. Молекулярный вес полимеров может достигать до нескольких миллионов. Полимеры, которые состоят из нескольких повторяющихся мономеров называют олигомерами. По типу строения различают сшитые, разветвлённые и линейные полимеры. Примеры таких полимеров приведены на рисунках 2–4 [3].



Рисунок 2 – Линейные полимеры.

Примерами линейных полимеров могут служить карбоксиметилцеллюлоза(КМЦ), частично гидролизированный полиакриламид(ЧГПАА), гидроксипропилцеллюлоза(ГЭЦ) и др.

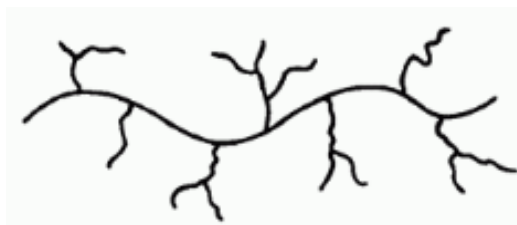


Рисунок 3 – Разветвлённые полимеры.

Яркие примеры разветвлённых полимеров – это крахмал и ксантановая смола.

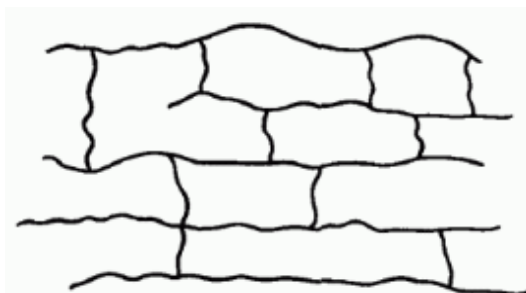


Рисунок 4 – Сшитые полимеры.

Разные авторы классифицируют полимеры буровых растворов посвоему: по химическому строению (анионные и не ионные полимеры), по функции, по происхождению. Остановимся на классификации, которая показана на рисунке 5 [15].

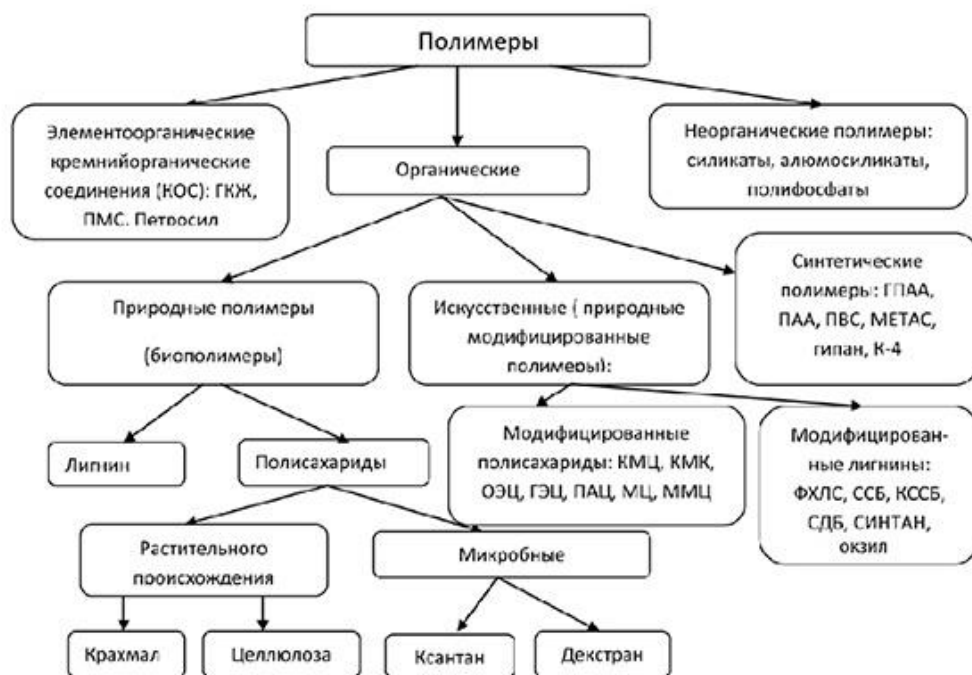


Рисунок 5 – Классификация полимеров, используемых в буровых растворах.

Природные полимеры (биополимеры) образуются без участия человека, то есть естественным путем. Их получают из животных, растений, продуктов биологического разложения. Биополимеры имеют более сложную структуру, больший вес по сравнению с синтетическими, но в то же время они менее устойчивы к температурному воздействию и легче подвергаются бактерицидной деструкции.

Необходимо отметить, что многое количество исследователей занимающихся буровыми растворами не проводят четкой границы между модифицированными полимерами, биополимерами и полисахаридами при анализе и сравнении полимеров различных типов и классов. Время от времени можно увидеть, что КМЦ приписывают к биополимерам, или, например, полагают, что биополимеры – это только полисахариды, полученные в результате деятельности микробов в углеводной среде. Следует сказать, что такое мнение ошибочно.

1.2.2 Применение полимеров в буровых растворах

С момента активной эксплуатации полимеров в бурении, они нашли широкое применение в качестве добавок к промывочным жидкостям. Рассмотрим некоторые функции, которые могут выполнять полимеры [16]:

- регуляторы водоотдачи;
- загустители;
- стабилизаторы неустойчивых пород;
- флокулянты общего и селективного действия;
- сшивающие агенты.

Многие полимеры могут выполнять несколько функций. Наиболее распространено применение полимеров для регулирования водоотдачи и увеличения вязкости.

К факторам, определяющим выбор того или иного полимера, относятся: тип применяемого бурового раствора, его химический состав, pH,

термостойкость, устойчивость к ферментации и сдвигу, реологические модификации и сохранность продуктивных свойств пласта.

Регулирование водоотдачи.

Проницаемость глинистой корки зависит от типа, объема полимера и размера молекул.

Считается, что понижение водоотдачи достигается за счет:

- образования шарообразных пробок из молекул состоящих из длинных цепей, которые затем сворачиваются в клубок;
- образования глинистой пленки;
- закупоривания пор глинистой корки натрийкарбоксиметилцеллюлозой (Na-КМЦ), полианионной целлюлозой и другими полиэлектролитами вследствие их адсорбции на глинистых частицах.

Загустители.

Существуют два способа загущения буровых растворов полимерами. Наиболее распространен способ, когда полимер загущает буровой раствор самостоятельно или в сочетании с другими веществами, например глинами. Другой способ состоит в загущении раствора за счет взаимодействия полимера с бентонитом.

Водорастворимые полимеры, природные или синтетические, гидратируются за счет проникновения воды в жесткий скелет полимера и образования водородных связей, в итоге полимер разбухает и раскручивается. Такие полимеры, как полианионная целлюлоза и ксантановые смолы, используются для загущения чистой воды. Эти полимеры также соединяются с глинами и другими веществами: утяжелителями, диспергированными частицами разбуренной породы и т. д., загущая буровой раствор. Поэтому конечная вязкость системы бурового раствора определяется суммарным влиянием названных веществ. Они могут постепенно адсорбироваться на гранях глинистых частиц, изменяя вязкость.

При введении больших объемов добавок адсорбция становится более чем достаточной, а полимер оказывает селективное воздействие на вязкость

системы. Биополимер – самый эффективный из всех полимеров, применяющихся с целью изменения реологических характеристик раствора в сторону неньютоновских жидкостей.

Анионные полимеры взаимодействуют с глинами при низких концентрациях и применяются в качестве реагентов, увеличивающих выход бурового раствора. Полимер присоединяется к концу поломанной связи глинистой частицы. После того как один конец длинной молекулы адсорбируется глинистой частицей, оставшая часть молекулы остается свободной и может адсорбироваться другими частицами. В результате этого бентонит сшивается, и вязкость возрастает. Такой механизм приводит к загущению раствора, в котором полимер способствует увеличению выхода глинистого раствора без увеличения содержания твердой фазы.

Когда в буровой раствор вводят полимер, увеличивающий его выход, происходит резкое возрастание вязкости, обусловленное увеличением концентрации полимера. В неутяжеленных системах обычно поддерживают значения вязкости, максимально приближенные к пиковому значению, с тем, чтобы максимальные значения вязкости достигались при минимальном количестве бентонита. Если раствор утяжелен баритом, обычно увеличивают содержание полимера, что приводит к незначительному понижению вязкости. Следовательно, такая практика компенсирует увеличение вязкости в результате добавления барита. Обычно чем больше объем твердой фазы одного и того же типа, тем шире диапазон максимальных значений вязкости, зависящий от концентрации полимера. Такие системы обычно называют недиспергированной твердой фазой.

Повышение устойчивости стенок скважины.

Эффективность полимеров как защитных коллоидов, обеспечивающих устойчивость стенок скважины, изменяется на площадях, где обвалы стенок скважины и диспергирование глинистых сланцев вызывают осложнения. Проблема обеспечения устойчивости стенок скважин, сложенных гидрофильными сланцами, не решается применением одних лишь полимеров.

Несколько систем буровых растворов включают в себя электролиты и часто хлорид калия с полимерами. Обеспечение устойчивости глинистых сланцев достигается за счет адсорбции полимеров на их отдельных участках. Участки, к которым прикрепляется полимер, являются положительно заряженными концами поломанных связей глинистой частицы.

Несмотря на то что вода все еще адсорбируется, степень неустойчивости стенок скважины и диспергирования глинистых сланцев значительно понижается, особенно по сравнению с системами, не содержащими полимера. Стабилизация сланцев облегчается по мере того, как полимер загущает водную фазу и тем самым затрудняет ее проникновение в трещины глинистых сланцев.

Флокулянты общего действия.

На площадях, сложенных крепкими породами и слабо уплотненными сланцами, в раствор на выходе его из скважины добавляют полимеры, которые выполняют функцию флокулянтов общего действия. Буровой раствор обычно прокачивают через резервный амбар с целью осаждения твердой фазы, чтобы в скважину он поступал сравнительно чистым.

Флокуляция, или соединение частиц твердой фазы, не всегда предшествует осаждению твердой фазы. Очень часто для того, чтобы соединившиеся частицы стали менее гидрофильными, добавляют соль и рассол.

Флокулянты селективного действия.

Полимеры, применяющиеся для повышения вязкости бентонита, выступающие в роли реагентов, увеличивающих выход бурового раствора при одновременном осаждении флокулированных частиц твердой фазы, называются флокулянтами селективного действия. Эти полимеры являются добавками двойного действия: обеспечивают хорошую очистку ствола и регулирование содержания твердой фазы в тех случаях, когда нельзя применять чистую воду в качестве промывочной жидкости. Частицы твердой фазы повышают гидрофильность, например бентонит также флокулируется, однако остаются во взвешенном состоянии, в то время как частицы более крупного

размера, которые являются менее гидрофильными, тоже флокулируются, но осаждаются.

Образование поперечных связей.

«Сшивание» полимера дает как положительные, так и отрицательные результаты. Многовалентные катионы могут образовывать поперечные связи. Почти все «сшитые» полимеры образовались в результате противодействующих реакций, так как целенаправленное «сшивание» редко практикуется. Нежелательное образование поперечных связей полимера может привести к частичной или полной потере гидратации, вязкости, регулирования водоотдачи и т.п.. Наиболее часто наблюдающиеся последствия «сшивания» полимеров выражаются в осаждении некоторых, но не всех полимеров (крахмал, КМЦ, CMS, XCD, SP-10I и т.д.) в растворе с высоким уровнем pH и повышенной концентрацией кальция.

Сочетания низкая концентрация кальция/низкий уровень pH, низкая концентрация кальция/высокий уровень pH и высокая концентрация кальция/низкий уровень pH обычно не вызывают осложнений. Хорошо приготовленный буровой раствор на основе извести и ее избыточным содержанием попадает в категорию низкое содержание кальция/высокий уровень pH, так как высокий уровень pH подавляет известь или кальций в растворе.

В настоящее время различные сервисные нефтяные компании активно работают над всевозможным усовершенствованием рецептур буровых растворов. Такие мировые компании как M-I SWACO, Baroid Fluid Services, Baker Hughes Drilling Fluid независимо друг от друга разрабатывают свои буровые системы, которые бы отличались заметными реологическими свойствами. Ниже рассмотрим яркие примеры таких буровых систем.

«FLO-PRO» (компания «M-I SWACO») – это специальная промывочная жидкость на основе высокоочищенного биополимера с уникальными реологическими и фильтрационными характеристиками, изначально разработанная для вскрытия малопроницаемых и истощенных продуктивных

горизонтов наклонно-направленных и горизонтальных скважин. FLO-PRO наилучшим образом удовлетворяет требованиям, предъявляемым к промывочным жидкостям. Она обладает уникальными песконесущими свойствами (удерживающими и выносящими буровой шлам); достаточно высокими смазывающими характеристиками; необходимыми ингибирующими свойствами для защиты призабойной зоны пласта (ПЗП); полностью биоразлагаема и экологически безопасна.

Система FLO-PRO содержит минимальный набор компонентов (таблица 1), что делает ее более стабильной и легкой в приготовлении и обслуживании.

Таблица 1 – Химические реагенты, входящие в систему FLO-PRO

Наименование	Назначение
FLO-VIS	биополимер, регулятор реологических свойств
FLO-TROL	понижитель фильтрации
KOH	гидроксид калия
KLA-CURE	ингибитор гидратации глин
X-CIDE 102	бактерицид жидкий
CaCO ₃	кольматант

По результатам использования системы FLO-PRO на сотнях скважин по всему миру было отмечено, что применение данной системы позволяет увеличить скорость проходки на 30–45 %, снизить гидравлические потери давления на 20–40 %, снизить коэффициент трения и увеличить производительность скважин в 2–3 раза по сравнению с обычными глинистыми или полимерглинистыми растворами.

Но главной особенностью системы FLO-PRO, отличающей ее от всех типов промывочных жидкостей на водной основе, являются особые

реологические свойства, основывающиеся на специфических особенностях совместного действия биополимеров и крахмалосодержащих реагентов, позволяющих поддерживать ВНСС.

Согласно рекламным данным безглинистая полимерная система FLOPRO идеально удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к промывочным жидкостям при концентрации биополимера, обеспечивающей значение вязкости 35000 - 40000 мПа·с по вискозиметру Брукфильда при скорости оборотов 0.3 мин⁻¹.

BARADRIL-N (компания «Baroid») – это безглинистая кислоторастворимая жидкость для бурения коллектора, специально спроектированная для достижения максимального потенциала добычи. Жидкость BARADRIL-N обеспечивает эффективный контроль водоотдачи и надежную устойчивость ствола скважины и породы. Система BARADRIL-N может также использоваться для операций заканчивания и КРС. Системы BARADRIL-N использовались для бурения различных песчаниковых и карбонатных коллекторов в тысячах скважин по всему миру.

Жидкости BARADRIL-N содержат пресную воду или рассол, термически стабильные полимеры для несущей способности и контроля водоотдачи, а также подобранные по размеру частицы карбоната кальция. Система BARADRIL-N имеет отличные смазывающие характеристики для улучшенного проникновения в пласт и неизменно демонстрирует хороший контроль водоотдачи и стабильную реологию.

Для жидкости BARADRIL-N не требуется специальное смесительное оборудование, система легко приготавливается и обслуживается в промышленных условиях. Фильтрационная корка, создаваемая жидкостью BARADRIL-N, не усложняет и не замедляет процесс очистки коллектора и может быть удалена традиционной кислотной обработкой или с помощью системы N-FLOW™ Baroid.

POLYPLUS (компания «M-I SWACO») – безглинистая или малоглинистая система с низким содержанием твердой фазы на основе реагента

(POLYPLUS). Основное назначение данной системы – массовое бурение, стабилизация стенок скважин, ингибирование глин. Глины стабилизируются в результате капсуляции поверхности, загущения водной фазы и связывании полимером свободной воды.

POLYPLUS адсорбирует воду из жидкой фазы, снижая объем свободной воды, попадающей в глинистую структуру в виде фильтрата.

Концентрация POLYPLUS в системе для достижения данного эффекта должна находиться в пределах 2,85–6,0 кг/м³.

При вышеуказанной концентрации полиакриламида в растворе наблюдается максимальный эффект по капсулированию водочувствительных глин в растворе и выбуренной породы, слагающей разрез ствола скважины.

Система остается стабильной в случае, если концентрация полимера поддерживается на необходимом уровне, а содержание глинистых частиц не превышает 2,0 %.

В таблице 2 указан состав раствора.

Таблица 2 – Состав полимерного бурового раствора POLYPLUS

Наименование	Концентрация, кг/м ³
Прегидратированный бентонит	20–35
Каустическая сода	0,75–1,0
POLYPLUS (частично-гидролизированный полиакриламид)	2,0–6,0
POLYPAC(полимер)	1,0–6,0
DuoVis (ксантановая смола)	0–1,0

ПОЛИКАРБ БИО (ООО НПП «БУРИНТЕХ») – безглинистая композиция, в основе которой лежит минимальный набор реагентов, основными из являются: модифицированный крахмал в сочетании с высокоочищенным ксантановым биополимером позволяет осуществить качественную проводку ствола скважины при сравнительно небольших кольцевых зазорах между стволом скважины и бурильным инструментом и

высокими значениями зенитного угла, а также максимально качественное вскрытие продуктивного горизонта с минимальным негативным воздействием на коллекторские свойства пласта.

Уникальные нелинейные реологические свойства системы, регулируемые в широком диапазоне, позволяют значительно сократить гидродинамические потери давления в скважине при его применении на 20-30% по сравнению с обычными полимер-глинистыми растворами [22].

В биополимерных системах для вскрытия пласта наибольшее применение в качестве структурообразователя используется ксантановая смола, а в качестве понизителя фильтрации – крахмальные реагенты.

Полимерный буровой раствор - раствор на водной основе, содержащий высокомолекулярные полимеры линейного строения, применяемый при бурении главным образом крепких пород. Характеризуется высокой гидрофильностью и псевдопластичностью - способностью разжижаться до вязкости, близкой к вязкости воды, при больших скоростях сдвига и загустевать при низких. Различают безглинистые и малоглинистые полимерные буровые растворы. Для приготовления безглинистых полимерных буровых растворов используются гидролизированный полиакриламид (ГПАА), оксиэтилированная целлюлоза (ОЭЦ) и карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), биополимеры и другие соединения. Комплексообразователями служат хромовые, алюминиевые и т.п. соли. В малоглинистых полимерных буровых растворах используются полимеры двойного действия, являющиеся стабилизаторами бентонитовых суспензий и коагуляторами высокодисперсных частиц. Для приготовления малоглинистых полимерных буровых растворов применяются в основном акриловые полимеры (ГПАА, метас, гидролиз, полиакрилонитрил — гипан и др.), сочетающиеся с КМЦ-600, КМЦ-700 и подобными полимерами, обеспечивающими дополнительные снижения фильтрации. Для утяжеления полимерных буровых растворов применяются водорастворимые соли тяжёлых металлов. Содержание комплексообразователей не превышает 0,4%, бентонита 2-6% (в малоглинистых растворах). Фильтрация полимерных буровых растворо

в 5-10 см³, плотность не утяжеленных растворов 1000-1060 кг/м³. Полимерные буровые растворы способствуют увеличению механической скорости проходки, стойкости долота, снижению абразивного износа трущихся частей насосов и др.

Некоторые полимеры трудно растворяются в воде, поэтому приготовление раствора из них сводится к постепенному уменьшению их концентрации. Так, при использовании ПАА сначала исходный 8%-ный реагент разбавляют до 1%-ной концентрации, а затем добавляют в воду до заданной концентрации. Для механизации процесса приготовления применяют различного рода устройства. На рис. 5 показана установка для приготовления полимерных растворов ППР, разработанная ВИТРОм. Установка представляет собой бак 5, заключенный в водяную рубашку 4 с нагревательными элементами 2. В баке смонтировано лопастное устройство 3 с электродвигателем 7 для перемешивания компонентов. Дополнительное перемешивание осуществляется вихревым насосом 11 через систему трубопроводов. Компоненты загружают через устройство 6, которым управляют с пульта 9, расположенного в шкафу 10. Для регулирования температуры, которая контролируется термометром 8, служит температурное реле 1. На буровых установках полимерный раствор может быть приготовлен в процессе циркуляции промывочной жидкости. Для этого в горячей воде растворяют расчетное количество полимера и тонкой струйкой выливают это в желобную систему на выходе раствора из скважины. Полностью полимер перемешивается в процессе многократной циркуляции.

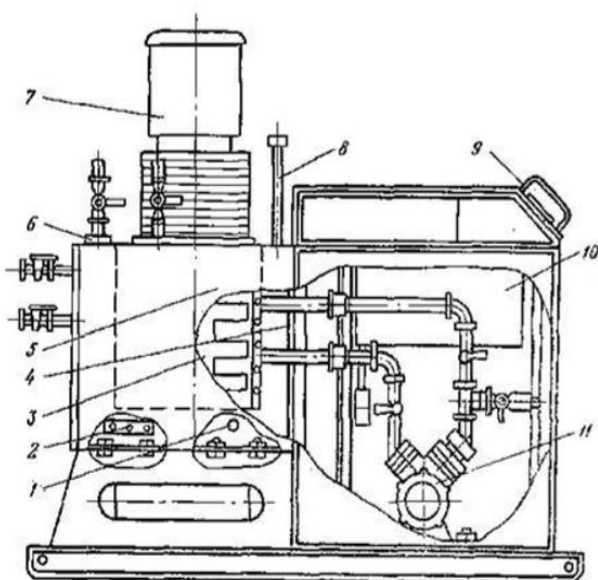
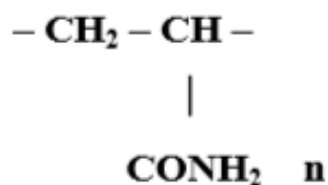


Рисунок 5. Установка для приготовления полимерных растворов ППР

1.2.3 Водные растворы полимеров

Полимерными называются водные растворы высокомолекулярных веществ (акрилатов и полисахаридов), молекулы которых построены путем многократного повторения одного и того же звена - мономера.

Например, мономер ПАА:



Если в молекуле чередуются разные мономеры, то такое высокомолекулярное вещество (ВМВ) называется сополимером. ВМВ могут быть полиэлектролитами и неэлектролитами. К полиэлектролитам относятся реагенты на основе водорастворимых эфиров целлюлозы и на основе акриловых полимеров, которые при диссоциации в воде образуют сложный анион и простой катион.

К неэлектролитам относятся крахмальные реагенты, содержащие полярные группы, не имеющие заряда. Впервые полимерные растворы начали применяться в США в начале 60-х годов. В нашей стране полимерные буровые

растворы впервые нашли применение лишь в первой половине 70-х годов. С их применением связаны работы Ахмадеева Р.С., Дедусенко Г.Д., Кистера Э.Г., Крысина Н.Н., Липкеса М.И., Скальской У.А., Нацепинской А.М., Турапова М.К., Шарипова А.У, Пенькова А.И., Хариева И.Ю, Андресона Б.А., Минхайрова К.Л. и др. В качестве полимеров использовались ГПАА, метас, гипан, реагент К-4. При необходимости в раствор добавляли ингибирующие добавки, некоторые виды отходов металлургических и химических производств [3].

Технологическая эффективность полимерных реагентов обусловлена целым рядом специфических характеристик, присущих только им и отличающих их от других реагентов. К этим характеристикам полимеров относят огромную молекулярную массу, конформационное и конфигурационное многообразие, определенную и вполне удовлетворительную прочность цепи макромолекулы, а также полиэлектролитные свойства и способность к межмолекулярным взаимодействиям, т.е. поверхностную активность. Например, повсеместно применяемые неорганические реагенты имеют молекулярную массу несколько десятков условных единиц (каустическая сода – 40, кальцинированная сода – 106 и т.д.), их называют низкомолекулярными; реагенты с молекулярными массами от 500 до 5000 - олигомеры, если же вещество имеет молекулярную массу свыше 5000, его относят к полимерам (высокомолекулярным соединениям). Молекулярная масса полимеров, используемых при бурении скважин, варьирует от 104 до 107 у.е. Многочисленными исследованиями было установлено, что полимерные растворы характеризуются псевдопластическим режимом течения, проявляющемся в том, что вязкостные свойства полимерных растворов в значительной степени зависят от скорости сдвига. Так, в диапазоне скоростей сдвига, характерном для течения в насадках долота, вязкость полимерного раствора приближается к вязкости воды. Это свойство обеспечивает снижение гидравлических сопротивлений и позволяет подводить к долоту значительно

большую, по сравнению с использованием глинистого раствора, гидравлическую мощность.

Полимерные растворы с низкой вязкостью способствуют эффективному разрушению горных пород в призабойной зоне пласта в результате быстрого проникновения раствора в трещины, образующиеся при разрушении породы долотом. В диапазоне скоростей сдвига, характерных для течения в затрубном пространстве, полимерный раствор имеет повышенную вязкость, что способствует более полному выносу выбуренной породы на поверхность и повышает устойчивость стенок скважины, за счет адсорбции полимера на породе. Одной из причин снижения эффективности бурения является значительное превышение пластового давления в скважине над забойным т.к., затрудняется отделение частиц разрушенной породы от забоя. Применение же полимерных буровых растворов позволяет регулировать значение дифференциального давления и бурить при сбалансированном давлении, когда гидростатическое давление равно пластовому, или незначительно превышает его. При этом уменьшается вероятность поглощения бурового раствора и прихватов бурильной колонны. Улучшению показателей бурения способствует смазывающая и противоизносная способность полимерных растворов за счет образования прочной адсорбционной пленки на трущихся поверхностях. Буровые растворы, содержащие полимеры обладают ингибирующей способностью, что важно при разбуривании неустойчивых глинистых пород. Адсорбируясь на глинистых частицах, полимер препятствует их гидратации и переходу в раствор.

При вскрытии продуктивного пласта полимер частично отфильтровывается на границе скважина – пласт, образуя низко проницаемую корку (пленку) и частично проникает в приствольную зону продуктивного пласта [4]. Молекула полимера из-за отсутствия симметрии распределения электронов, является биполярной. Такие молекулы ведут себя так, если бы они были центрами положительных и отрицательных зарядов. Глинистые минералы, входящие в состав коллектора так же полярны. Если глины

находятся в контакте с жидкостями, растворами, содержащими полярные вещества, то отрицательные центры на глинистых минералах притягивают положительные центры полярных веществ окружающей жидкости. Бредли показал, что полимеры, адсорбируясь на глинистых минералах, могут образовывать сложные молекулярные слои, кроме того, полимер, адсорбируемый на базальной плоскости глинистого минерала, вытесняет воду с этой поверхности. А неорганические катионы, как показал Мак-Эван, присутствующие на поверхности глинистого минерала не обязательно вытесняются адсорбцией органических молекул [5].

Таким образом, полимер, находясь в поровом пространстве и адсорбируясь на поверхности порового канала, сужает его, тем самым, снижая эффективную проницаемость, с другой стороны, адсорбируясь на глинистых минералах, входящих в состав коллектора, предотвращает их гидратацию и набухание.

Применение полимерных растворов позволяет создавать малопроницаемые корки, пленки-корки, уменьшающие влагоперенос фильтрата бурового раствора в глинистые породы и тем самым, обуславливающие длительную устойчивость стенок скважины. Флокулирующие свойства полимеров обуславливают высокую степень очистки безглинистых растворов от частиц выбуренной породы. В 1960-1980 годах за рубежом для очистки бурового раствора широко применялись полимеры – флокулянты: флоксит, рапидол, лосол, пушер, седикур, биополимеры и др. При введении полимеров в раствор в количестве от сотых до тысячных долей от общего объема раствора происходит агрегирование мелких взвешенных частиц выбуренной породы с помощью полимерных мостиков. Поскольку масса связанных твердых частиц увеличивается, они оседают под действием гравитационных сил в желобной системе, и к буровым насосам поступает осветленная (очищенная) жидкость. В последние годы, считается, что лучшей полимерной основой для буровых растворов служат реагенты полисахаридной природы – производные целлюлозы и крахмала, которые кроме перечисленных выше преимуществ

полимеров проявляют высокие эксплуатационные свойства, одновременно легко подвергаются деструкции и тем самым сохраняют естественную проницаемость коллекторов и не загрязняют окружающую среду. Полисахариды способны во время строительства скважины образовывать кольматационный экран, способный не пропускать фильтраты буровых и цементных растворов в продуктивный пласт и со временем саморазрушаться (деструкция до простых сахаров) восстанавливая первоначальную проницаемость коллектора.

Широкое применение полимеров в составе бурового раствора позволяет сократить расход химических реагентов и материалов, уменьшить затраты физического труда, что способствует сокращению сроков строительства скважин и экономии материальных затрат. Недостатки полимерных растворов: низкая стойкость к действию ионов кальция и других поливалентных металлов; высокая стоимость импортных ВМВ (3...16 тыс. долларов за тонну) и дефицитность отечественных (потребности в полимерных реагентах удовлетворяются только на 40...50 %).

1.2.4 Полимерные растворы на основе синтетических полимеров, полиакриламид.

В ряду синтетических высокомолекулярных соединений, применяемых для обработки промывочных жидкостей, следует выделить полиакриламид, молекулярная масса которого достигает $6 \cdot 10^6$ у.е. Из известных синтетических полимеров такие же значения молекулярной массы имеет лишь полиэтиленоксид, который редко применяется при бурении скважин из-за дефицита. Отечественный полиакриламид выпускается без контроля таких характеристик как молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, степень гидролиза; производится неочищенным, по разным технологиям (известковой, аммиачной). Все это вызывает трудности в применении полиакриламида (ПАА) для обработки промывочных жидкостей. В ряде

рецептур полимерных буровых растворов вместо ПАА используется гидролизированный полиакрилонитрил (гипан) [12].

При разбуливании высококоллоидных глин регулирование реологических свойств полимерных растворов затруднено. В таких случаях в раствор дополнительно вводят неорганические электролиты.

Полиакриламид работает как понизитель фильтрации только в глинистых буровых растворах и малоэффективен в этом качестве в растворах без твердой фазы. Однако в качестве загустителя водной фазы может с успехом использоваться в безглинистых системах, в том числе, в минерализованных водных растворах.

Данный полимер - частично гидролизированный полиакриламид с высокой молекулярной массой, обладающей весьма высокой адсорбционной способностью на глинистой поверхности. Адсорбция полиакриламида в 3 раза ниже адсорбции низкомолекулярных акриловых производных. Однако, за счет более высокой молекулярной массы, полиакриламид обеспечивает равновесную толщину адсорбционных слоев. Особенности адсорбции полиакриламида позволяют его использовать в глинистых буровых растворах в качестве высокоэффективного флокулянта коллоидной фазы. Введение полиакриламида стабилизирует уровень концентрации дисперсной фазы в буровом растворе, в то время как вновь поступающие коллоидные частицы подвергаются флокуляции и выводятся из раствора при прохождении через систему очистки.

В случае повышения содержания глинистой фазы в растворе используются недиспергирующие разжижители-дефло-кулянты (НТФ, ПАК).

Частично гидролизированный инкапсулирующий полиакриламид предназначен для предотвращения диспергирования выбуренной породы за счет инкапсуляции глинистых частиц. Дополнительно реагент может применяться в качестве загустителя раствора, флокулянта, понизителя водоотдачи и повышать смазочную способность буровых растворов. Реагент может использоваться в различных типах буровых растворов, включая

малоглинистые, утяжеленные и минерализованные растворы. Такой полиакриламид обладает следующими преимуществами:

- Обеспечивает высокий уровень инкапсуляции выбуренного шлама
- Обеспечивает высокую стабильность стенок скважины
- Увеличивает эффективность работы оборудования по очистке раствора
- Устраняет сальникообразование и зашламование долота
- Улучшает смазочную способность бурового раствора

1.3 Заключение по литературному обзору

На основании проведенного литературного обзора поставлены задачи исследовать и рассмотреть зависимость свойств бурового раствора на основе добавок полимеров акриламида.

В ходе литературного обзора проведено исследование Функции и классификации буровых растворов, а именно: Состав бурового раствора; параметры бурового раствора, основные причины изменения и регулирование параметров; особенности составов и свойств промывочных жидкостей, применяемых при бурении.

Рассмотрено:

Совершенствование полимерных буровых растворов

Строение и классификация полимеров

Применение полимеров в буровых растворах

Водные растворы полимеров

Полимерные растворы на основе синтетических полимеров, полиакриламид.

2. Экспериментальная часть

В связи с наличием научной новизны результатов исследований данный раздел ВКР не выкладывается.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В связи с наличием научной новизны результатов исследований данный раздел ВКР не выкладывается.

4. Социальная ответственность

Настоящая магистерская диссертация посвящена исследованию влияния концентраций полиакриламида на технологические параметры буровых растворов. В связи с этим в данном разделе магистерской диссертации произведен анализ возможных опасных и вредных факторов при работе с полимерами в лабораторных условиях.

В качестве персонала рассматривается лаборант, рабочим местом которого является Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы» (далее – лаборатория).

В обязанности лаборанта входит выполнение лабораторных испытаний и измерений при проведении исследования. Согласно принятым инструкциям лаборант производит проверку, подготовку и регулировку необходимых для проведения экспериментов приборов. При этом он принимает и непосредственное участие в проведении экспериментов: проводит наблюдения, снимает показания, осуществляет все описанные в методике вспомогательные операции, ведет рабочий журнал. В соответствии с рекомендациями научного руководителя лаборант обрабатывает и систематизирует результаты измерений на заключительном этапе.

В качестве полимеров акриламида приняты семь полимеров разных производителей. В целях сохранения коммерческой тайны в магистерской диссертации они подписаны под кодовыми названиями (ПР1, ПР2,..., ПР7). В качестве основного бурового раствора использовался глинистый раствор, в состав которого входят вода, бикарбонат натрия, глинопорошок, карбонат кальция.

Целью данного раздела является описание мероприятий по обеспечению безопасности человека в процессе ведения производственной деятельности с сохранением его нормальной работоспособности и производительности, а также составление рекомендаций, выполнение которых необходимо для соблюдения требований по охране окружающей среды.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

При работе с химическими веществами работающие должны руководствоваться правилами Инструкции №13-107 «По охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы» (далее – Инструкция №13-107), инструкции по пожарной безопасности и рабочей инструкции по выполняемой деятельности [37].

Порядок приема на работу, нормы выдачи средств индивидуальной защиты, а также общие требования, предъявляемые к соискателям на должность лаборанта, в число которых входят: уровень профессионального образования, стаж работы по специальности, требуемый объем знаний и умений по профессии, приведены в Инструкции №13-107 [38].

На должность лаборанта назначается лицо, имеющее среднее профессиональное образование без стажа работы или начальное профессиональное образование со стажем работы по специальности не менее 2 лет.

При приеме на работу работником обязательно должен быть пройден вводный инструктаж. Для получения допуска к самостоятельной работе работник должен освоить:

- проверку знаний инструкции по охране труда;
- первичный инструктаж на рабочем месте;
- действующую инструкцию по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями;
- инструктаж по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ.

Лаборант должен сообщать своему непосредственному руководителю об обнаруженных неисправных приспособлениях, инструменте и средствах защиты.

Работник подлежит обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Он также обязуется не разглашать охраняемую законом тайну (служебную, коммерческую, иную) и конфиденциальную информацию, обладателями которой являются работодатель [16].

Согласно отраслевым нормам лаборанту (лаборанту-технику, лаборанту-коллектору, лаборанту химического анализа) бесплатно должны выдаваться следующие средства индивидуальной защиты [17]:

- халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий (1 шт.);
- фартук из полимерных материалов с нагрудником (дежурный);
- перчатки с полимерным или с точечным покрытием (12 пар; до износа);
- перчатки резиновые или из полимерных материалов (12 пар, до износа);
- очки защитные (до износа);
- средство индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующее или изолирующее (до износа).

Условия труда в лаборатории являются допустимыми (2 класс), при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, при этом уровни воздействия не превышают уровни, установленные гигиеническими нормативами условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены) [18].

Согласно статьям 92, 117, 147 и 219 трудового кодекса РФ при допустимых условиях труда (2 класс) повышения оплаты труда по сравнению с нормальными условиями труда не производится, дополнительный отпуск «за

вредность» не предоставляется, сокращения рабочего времени не производится [19]. Льготное пенсионное обеспечение не предоставляется [20].

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Уровни физических и химических опасных и вредных производственных факторов, генерируемых производственным оборудованием в рабочую зону, а также воздействующих на работающего при непосредственном контакте с элементами конструкции, должны соответствовать требованиям безопасности, установленным нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке [21].

Отсеки лаборатории, в которых проводятся эксперименты с химическими веществами первого и второго класса опасности, изолируются от других помещений, при этом обязательно создается специальный вход вентиляции для вытяжных шкафов, отделенный от основной вентиляционной системы здания.

Пол лабораторного помещения покрывается кислотоупорными материалами, например, керамической плиткой; потолок и стены окрашиваются краской.

Внутренние двери, предназначенные для перемещений между отдельными отсеками лаборатории, должны иметь прозрачное остекление и открываться в сторону выхода.

Рабочие столы и вытяжные шкафы, используемые для работы с токсичными химическими реагентами кислотно-щелочного типа должны иметь бортики, предотвращающие стекание жидкости на пол, и быть химически стойкими к воздействию всех применяемых реагентов [1]. Дверцы вытяжных шкафов следует держать закрытыми с небольшим зазором внизу во время работ для обеспечения оптимальной тяги.

В химической лаборатории должно быть энергоснабжение, подводка горячей и холодной воды. Все электрооборудование должно быть заземлено. Разводка коммуникаций к переносным приборам и нестационарному

оборудованию должна производиться открыто с применением гибких проводов и шлангов.

Электроосвещение помещения и вытяжных шкафов должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении. Активирующие их выключатели устанавливаются вне зоны вытяжных шкафов.

Металлические шкафы (сейфы), предназначенные для безопасного хранения химических веществ должны быть зарыты на ключ и опечатаны.

Включенные в состав производственного оборудования специальные технические средства (экраны, ограждения, вентиляторы), обеспечивающие снижение уровней вредных и опасных производственных факторов до допустимых значений или их полное устранение, не должны мешать выполнению основных работ [1].

В лабораторном помещении должны быть в наличии:

- аптечка с необходимым набором средств для оказания первой помощи при несчастном случае;
- первичные средства пожаротушения (огнетушители углекислотные и пенные, сухой песок);
- индивидуальные, а также коллективные средства защиты от воздействия применяемых химических веществ (халаты, респираторы, спецобувь, защитные очки, защитные перчатки) [1].

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [3] можно выделить следующие вредные и опасные факторы производственной среды, представленные в таблице 19.

Таблица 19 – Вредные и опасные факторы при осуществлении исследований деструкторов полимеров в лаборатории

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		ГН 2.1.5.1315-03 [4] ГН 2.2.5.3532-18 [5] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [6] ГОСТ 12.1.038-82 [7] ГОСТ Р 12.1.019-2017 [8] СанПиН 2.2.4.548–96 [9]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
3. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
4. Повышенная температура поверхности оборудования		+		
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
6. Раздражающие и токсические факторы		+	+	

Нерациональная расстановка рабочих столов в лаборатории может привести к тому, что в рабочей зоне будет пониженная естественная освещенность. Негативно скажется и недостаточное количество источников искусственного освещения рабочего места лаборанта.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) представляет собой отношение освещенности, создаваемой в данной точке помещения светом неба, к одновременной освещенности точки, расположенной на горизонтальной плоскости вне этого помещения и освещенной рассеянным светом неба, выраженное в процентах. Нормативы искусственного, естественного и смешанного типов освещений согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [6] представлены в таблице 18.

Лаборатория является оборудованным помещением для проведения исследований опытным путем. Для этого имеется различное оборудование, в том числе и нагревательного действия (плитка), которое может привести к

ожогу при несоблюдении техники безопасности. Также возможен нагрев воздуха в лаборатории и, как следствие, пониженная влажность и повышенная температура воздуха.

Оптимальные и допустимые нормативные значения показателей микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548–96 [9] приведены в таблицах 20 и 21.

Таблица 20 – Нормы освещения для аналитической лаборатории

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк			Показатель дискомфорт а, м (не более)	Коэффициент пульсации освещенност, K_n , % (не более)
		При верхнем или комб. освещении	При боковом освещении	При верхнем или комб. освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении		
						Всего	От общего			
Аналитическая лаборатория	$\Gamma^*-0,8$	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500	40	10
Примечание: Γ^* – горизонтальная плоскость										

Таблица 21 – Оптимальные величины показателей микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Таблица 22 – Допустимые величины показателей микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,2

В качестве категории работ выбрана категория Ib, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат от 121 до 150 ккал/ч (от 140 до 174 Вт), сопровождаемые незначительными физическими напряжениями и производимые в положениях сидя, стоя, либо связаны с ходьбой.

Период года называется холодным в том случае, если среднесуточная температура наружного воздуха принимает значение меньшее, чем 10°C , либо равна ему. Аналогично этому, период года называется теплым, если среднесуточная температура наружного воздуха превышает величину 10°C .

Оптимальные микроклиматические условия установлены согласно критериев оптимального функционального и теплового состояния человека. Оптимальные микроклиматические условия поддерживают ощущение теплового комфорта в период рабочей смены (продолжительностью 8 часов) с обеспечением минимальной работы механизмов терморегуляции. Оптимальные условия предпочтительны для всех рабочих мест, так как не приводят к проявлению отклонений в состоянии здоровья, а также позволяют поддерживать требуемый уровень работоспособности.

Критерии допустимого теплового и функционального состояния человека определяют допустимые микроклиматические условия на период рабочей смены с продолжительностью 8 часов. Допустимые микроклиматические условия не вызывают существенных негативных изменений в состоянии здоровья работника, однако, они могут стать причиной возникновения у работающего человека ощущений выхода за пределы оптимального теплового режима. Также в данном случае возможно ухудшение общего самочувствия, дополнительные затраты энергии на терморегуляцию организма работающего и, как следствие этого, снижение его производительности и работоспособности.

Любое электрическое оборудование может ударить работника током. Это может произойти либо при повреждении изоляции токоведущих проводов или частей оборудования, либо при отсутствующем заземлении оборудования.

Ток в теле человека оказывает электролитическое, термическое и биологическое действие. Электролитическое воздействие проявляется через

разложение крови на фракции. Термическое воздействие выражается в ожогах, нагреве и повреждении сосудов. Биологическое воздействие проявляется через спазмы, нервные судороги, а также раздражение тканей [10].

Значения напряжений прикосновения и токов при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки согласно ГОСТ 12.1.038-82 [7] имеют следующие значения (не более):

- переменный ток, 50 Гц:
 - напряжение – 2 В;
 - сила тока – 0,3 мА;
- постоянный ток:
 - напряжение – 8 В;
 - сила тока – 1 мА.

Согласно ПУЭ [11] по классификации помещений по опасности поражения людей электрическим током лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности, так как в данном помещении отсутствуют создающие повышенную или особую опасность условия.

Работа в лаборатории предполагает взаимодействие с различными реагентами и химическими веществами, в том числе с кислотой и щелочами, пары которых при проведении опытов могут привести к сильной загазованности воздуха на рабочем месте.

Концентрированные пары и газы химикатов могут привести к токсическому отравлению лаборанта. Также едкие химические вещества вполне могут привести к раздражению кожных покровов, слизистой и даже к химическому ожогу.

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Значения естественного и искусственного освещений необходимо довести до регламентных значений согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [6]. Так как в лаборатории окна находятся только на одной стороне, то в помещении необходимо произвести планировку мебели таким образом, чтобы ни один из элементов лабораторной мебели не создавал тень для любой из

рабочих зон. Лаборатория оборудована светильниками «Армстронг», каждый из которых содержит по 4 электролюминесцентные лампы. Каждый светильник имеет световой поток равные 5200 Лм. Все 6 светильников создают благоприятную для работы освещенность рабочей зоны.

Исследования в лаборатории предполагают работу с кислотами, пары которых могут привести к отравлению работников лаборатории. Также высока вероятность выделения газов в результате химических реакций химикатов, которые через дыхательные пути могут попасть в организм человека и нанести ему вред. В качестве коллективных средств защиты выступает шкаф с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, устройство которого позволяет добиться соблюдения нормативных ПДК паров кислот в рабочей зоне согласно ГН 2.2.5.3532-18 [5].

Для предотвращения получения химических ожогов и раздражения кожных покровов согласно ГОСТ 12.4.011-89 [12] всех работников лаборатории при проведении экспериментов необходимо обеспечить такими индивидуальными средствами защиты, как халат, резиновые перчатки, защитные очки, респираторы. Данные средства защиты также применимы для работников, осуществляющих закачку кислот в скважину.

Для исключения поражения электрическим током согласно ГОСТ Р 12.1.019-2017 [8] в качестве коллективных средств защиты необходимо применить усиленную изоляцию токоведущих частей электрооборудования. Также по всей лаборатории обязательно к применению защитное заземление всех электроустановок.

Для соблюдения поддержания показателей микроклимата на оптимальном уровне необходимо использовать систему кондиционирования, увлажнитель воздуха.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Процесс использования полимеров в буровых растворах предполагает применение химических реагентов, которые закачиваются в скважину для достижения целевой точки обработки – призабойной зоны пласта.

В случае некачественно проведенных подготовительных работ возможен разлив химикатов в непосредственной близости от фонтанной арматуры, установленной на устье скважины. При этом под воздействием на литосферу будет пониматься химическое загрязнение почвы, что приведет к повышению их кислотности. Закисленные почвы будут иметь заниженную скорость разложения органических веществ, поскольку большая часть грибов и почвенных бактерий погибают в кислой среде. Также повышенная кислотность приводит к растворению соединений алюминия и переходу их в раствор, соединения в котором оказывают токсическое воздействие на корневые системы растений.

В результате химического выщелачивания в почве выделяются атомы тяжелых металлов, которые будут поступать в поверхностные воды, что приведет к их загрязнению. К тяжелым металлам относятся свинец, ртуть, марганец, железо, медь, цинк, кадмий и другие. Особо опасными для человека считаются свинец, ртуть и кадмий [13].

Загрязнение атмосферы при испарении кислот и конденсировании взвеси в воздухе незначительно, поскольку в лаборатории используются очень малые концентрации кислот, а производственные условия на месторождении предполагают работы на открытой местности. Все это обеспечивает быстрое разбавление паров воздушными массами.

4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Как и любые отходы промышленности, отходы лабораторных исследований могут оказывать значительное отрицательное влияние на все компоненты природной среды – биосферу, гидросферу, атмосферу и литосферу. Воздействие, которое оказывают отходы, ведет к разрушению и гибели флоры

и фауны, загрязнению воздуха, почвы и воды. Примерами могут служить кислотные осадки, возникающий парниковый эффект, разрушение озонового слоя, нарушение кислотности почв и другие явления.

Воздействие на атмосферу при работе в лаборатории происходит при вытягивании химических испарений через вытяжную вентиляцию. Однако, стоит отметить, что объемы реагентов, применяемых при одном эксперименте, не генерируют большое количество вредных газов/аэрозолей по сравнению, например, с промышленным предприятием.

На гидросферу оказывается значительное воздействие, так как весь объем химических реагентов утилизируется через сплавную систему бытовых стоков. При отсутствии надлежащей обработки данных стоков, велика вероятность попадания химикатов в водную систему жилой местности (города), что вызовет отравление гражданского населения.

Воздействие на литосферу является следственным фактором от вышеописанного. Загрязненные сточные воды попадая в водную систему местности также начинают оказывать негативное влияние на почвы, вызывая отравление растительности, изменяя кислотный состав почв.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении опытов следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для данной лаборатории.

Поскольку концентрации генерируемых газов не большие, то достаточным методом защиты атмосферного воздуха будет рассеивание очищенных газов в атмосферном воздухе благодаря вытяжной вентиляции. Для очистки от возможных механических примесей следует применять угольный фильтр в канале вытяжной вентиляции.

Для защиты гидросферы в условиях лаборатории необходимо применение устройств с физико-химическими методами очистки. Широко распространена адсорбционная технология с применением активированных углей, которая позволяет получать остаточные концентрации основных

загрязняющих веществ ниже нормативных значений. Поскольку площади помещения лаборатории недостаточно для установки полноценных очистных сооружений, то предполагается установка емкости объемом суточного потребления воды в подвальном помещении, куда будут поступать стоки из лаборатории. Далее стоки будут забираться специальной машиной для проведения очистки сточных вод от химикатов и загрязнений.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При строительстве скважин на буровой установке возникают вероятные чрезвычайных ситуациях, которые представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Вероятные чрезвычайные ситуации при строительстве

ЧС техногенного характера	ЧС природного характера
Пожары (взрывы) на производственном объекте	Геофизические опасные явления
Аварии с выбросом химически опасных веществ	Метеорологические опасные явления
Внезапное обрушение сооружений	Природные пожары

В лаборатории в качестве возможного ЧС наиболее вероятный вид выступает пожар.

Согласно СП 12.13130.2009 [14] исследовательскую лабораторию можно отнести к категории помещения В «пожароопасные», так как в ней находятся твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (деревянная мебель, бумага и прочее).

Данная ситуация может возникнуть в случае короткого замыкания электропроводки, либо при неисправности электроприборов. Пожароопасная ситуация может возникнуть при работе с определенными типами химических веществ, склонными к возгоранию; такие вещества могут являться продуктами химических реакций других веществ, не отличающихся подобными пожароопасными свойствами.

Для предупреждения проявления вышеописанной чрезвычайной ситуации необходимо проведение организационных, технических, эксплуатационных и режимных мероприятий по пожарной профилактике.

К организационным мероприятиям относится проведение противопожарного инструктажа раз в год. Необходимо знать план эвакуации в случае возникновения ЧС.

Возможность возникновения пожара непосредственно в лаборатории связана с применением электрических приборов, неисправностями электропроводки помещения, а также с проведением химических реакций с веществами, склонными к возгоранию; также пожаро- и взрывоопасные вещества могут образовываться в результате таких реакций (например, кислород и водород). Работы, связанные с выделением таких веществ, должны производиться только в исправных вытяжных шкафах.

Правила работы с электрическими приборами в помещении должны быть вывешены на видном месте. Перед включением электроприборов сеть необходимо тщательно осмотреть электрошнур: проверить исправность изоляции, устранить резкие перегибы, перекручивания. Работать следует исключительно на исправных электроприборах и оборудовании.

Электрические приборы запрещается включать без необходимости. Электронагревательные приборы можно устанавливать только на теплоизоляционный слой. Перед включением печей следует убедиться в том, что внутри нет посторонних предметов.

Запрещается оставлять без присмотра действующее оборудование, аппаратуру, поточные линии, газовые и спиртовые горелки, включенные электронагревательные приборы.

Если в процессе работы в лаборатории произошло возгорание проводов или электроприборов, их следует немедленно отключить от сети, а затем погасить огонь, применив огнетушитель углекислотного типа, либо используя покрывала из негорючих материалов, которые способны обеспечить надежное прекращение доступа кислорода к источнику возгорания [1].

Сотрудники лаборатории обязаны знать расположение электрощитка, с помощью которого возможно отключение электропроводки лаборатории от

общей сети, а также места расположения средств пожаротушения. Немаловажным является умение правильно применять данные средства в случае возникновения пожара.

В лаборатории запрещается:

- загромождать проход, а также проход к средствам пожаротушения;
- сушить горючие предметы на отопительных радиаторах;
- мыть полы и оборудование с использованием горючих жидкостей (бензин, керосин, различного рода растворителей);
- оставлять в рабочей зоне бумагу и ветошь, в том числе пропитанные горючими жидкостями;
- хранить в помещении лаборатории какие-либо вещества с неизвестными пожароопасными свойствами;
- пользоваться электронагревательными приборами с открытой спиралью;
- убирать случайно пролитые горючие жидкости при зажжённых горелках, включенных электронагревательных приборах;
- хранить химические вещества в немаркированной посуде;
- производить работы на оборудовании с неисправностями, которые могут привести к пожару.

Технические мероприятия предполагают монтирование и эксплуатацию электроустановок в соответствии с правилами устройства электроустановок. Обязательным является наличие противопожарной сигнализации, которая при срабатывании осуществит оперативное оповещение людей о необходимости эвакуации. Лаборатория должна быть оборудована такими противопожарными средствами, как огнетушители. Углекислотные огнетушители (типа ОУ-2) применяются при тушении возгораний различных веществ, кроме тех, горение которых происходит без доступа кислорода, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Порошковые огнетушители (типа ОП-10) применяются при тушении нефтепродуктов и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Эксплуатационные мероприятия заключаются в том, что при обнаружении дефектов в изоляции приборов, неисправности пускателей, вилок, розеток, а также заземления следует оперативно уведомить об этом ответственное лицо за противопожарное состояние лаборатории. Все неисправности, касающиеся электрооборудования, должны устраняться исключительно специалистом-энергетиком. Запрещается ремонтировать и переносить включенные электрооборудование, находящееся под напряжением.

К режимным мероприятиям относятся запрет курения в лаборатории.

Порядок действий в случае возникновения ЧС:

- остановить электрооборудование;
- отключить вентиляцию;
- немедленно сообщить о случившемся по телефону в пожарную охрану – 01, 101, 112 (необходимо сообщить адрес объекта, место возникновения пожара, свою фамилию);
- сообщить по телефону заведующему лабораторией и охране корпуса №19;
- при необходимости отключить электроэнергию;
- принять меры по ликвидации очага возгорания при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель, вода, песок);
- при необходимости удалить с места возгорания горючие вещества и материалы [15].

Список использованных источников

1. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учебник для вузов; в 5-ти т.; под общ.ред. В. П. Овчинникова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. Т.3. - 418.
2. Резниченко, И. Н. Приготовление, обработка и очистка буровых растворов / И.Н. Резниченко. - М.: Недра, 1982. - 257 с.
3. Роджерс, В. Ф. Промывочные жидкости для бурения нефтяных скважин / В.Ф. Роджерс; пер. с англ. - М.: Гостоптехиздат, 1960. - 315 с.
4. Кудайкулова, Г.А. Буровые глинистые растворы: учебное пособие / Г.А. Кудайкулова. - Алматы: КазНТУ, 2003. - 137 с.
5. Полинг, Л. Природа химической связи /Л. Полинг. - М: Изд-во ин. лит., 1947. 248 с.
6. Городнов, В.Д. Химические реагенты и термосолеустойчивые буровые растворы / В. Д. Городнов, И. М. Тимохин, И. Н. Тесленко, П.И. Колесников и др. Ташкент, 1977. - 201 с.
7. Городнов, В.Д. Физикохимические методы предупреждений осложнений в бурении /В.Д. Городнов; 2е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1984. - 225 с.
8. Рязанов, Я.А. Энциклопедия по буровым растворам / Я.А. Рязанов. М.: Недра, 2004. - 215 с.
9. Андерсон, Б.А. Полимерные буровые растворы за рубежом / Б.А. Андерсон, А.У. Шарипов, К.Л. Минхайров // Бурение: обзор. информ. / ВНИИЭНГ. М., 1980.
10. Кистер, Э.Г. Химическая обработка буровых растворов / Э.Г. Кистер. М.: Недра, 1972. - 392 с.
11. Паус, К.Ф. Буровые растворы / К.Ф. Паус. - М.: Недра, 1973. - 303 с.
12. Сидоров, Н.А. Полимерные буровые растворы / Н.А. Сидоров, Л.П. Вахрушев, И.А. Сибирко, Г. В. Шишкова // Техника и технология бурения скважин: сб.ст. - М., 1998. - №18. - С. 36-39.
13. Царевич, К.А. Глинистые растворы в бурении / К. А. Царевич, Р.И. Шищенко, В.Д. Бакланов. - Л.: ОНТИ, 1935. - 287 с.

14. Ангелопуло, О.К. Буровые растворы, используемые при разбуривании солевых отложений в глубоких скважинах / О. К. Ангелопуло, Б.Н. Хахаев, Н.А. Сидоров. - М.: Недра, 1978. - 72 с.
15. Басаргин, Ю.М. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин / Ю.М. Басаргин, А.И. Булатов, Ю.М. Проселков. - М.: Недра, 2000. - 237 с.
16. Ангелопуло, О.К. Буровые растворы для осложненных условий / О.К. Ангелопуло, В.М. Подгорнов, В.Э. Аваков. - М.: Недра, 1988. - 189 с.
17. Булатов, А.И. Технология промывки скважин / А.И. Булатов, Ю.М. Проселков, В.И. Рябченко. - М.: Недра, 1981. - 256 с.
18. Шерстнев, Н. М. Предупреждение и ликвидация осложнений в бурении / Н.М. Шерстнев. – М.: Недра, 1979. - 234 с.
19. Ангелопуло, О.К. Кальциевые глинистые растворы / О.К. Ангелопуло. М.: Гостоптехиздат, 1962. - 234 с.
20. Грей, Дж.Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) / Дж. Р. Грей, Г.С.Г Дарли; пер. с англ. - М.: Недра, 1985. - 368 с.
21. Липкес, М.И. Хлоркальциевые промывочные растворы с высоким содержанием извести / М.И. Липкес, В.С. Новиков, Н.И. Ковалев. - М.: Бурение, 1967. 38 с.
22. Агабальянц Э. Г. Промывочные жидкости для осложненных условий бурения / Э. Г. Агабальянц. - М.: Недра, 1982. - 184 с.
23. Шандин, С.Н. Химические реагенты для обработки буровых растворов / С.Н. Шандин, В. И. Рябченко и др. // Бурение: сб.ст. – М., 1977. - 125 с.
24. Кистер, Э.Г. Применение известковых растворов при бурении в осыпающихся аргиллитах / Э. Г. Кистер // Нефтепромысловое дело. - 1957. - № 7. - С. 3-6.
25. Кистер, Э.Г. О глинистых растворах на основе сульфитспиртовой барды с солью / Э. Г. Кистер // Нефтяное хозяйство. - 1957. - № 7. - С. 18-22.
26. Кистер, Э.Г. Эмульсионные глинистые растворы / Э.Г. Кистер. М.: ГОСНИТИ, 1958. - 124 с.

27. Городнов, В. Д. Буровые растворы: учебное пособие. - М: Недра, 1985. 131с.
28. Касьянов, Н.М. Влияние инвертного эмульсионного раствора и пластовой воды на проницаемость призабойной зоны и продуктивность скважины / Н.М. Касьянов, П.С. Пустовайт, В.Ф. Штырлин // Бурение: обзор. информ. / ВНИИОЭНГ . - 1973. - № 11. - С. 20-22.
29. Расстегаев, Б.А. Буровые растворы на водной и неводной основе – для обеспечения безаварийной проводки скважин в условиях АВПД / Б.А. Расстегаев, В.Н. Кошелев // Бурение и нефть. - 2007.- №3. - С.19-21.
30. Мавлютов, М.Р. Технология бурения глубоких скважин: учебное пособие для вузов / М.Р. Мавлютов, Л.А. Алексеев, К.И. Вдовин и др. - М.: Недра, 1982. 27с.
31. Роджерс, В.Ф. Состав и свойства промывочных жидкостей / В.Ф. Роджерс; пер. с англ. - М.: Недра, 1967. - 408 с.
32. Шишков, С. Н. Буровые растворы на неводной основе. Проблемы, перспективы развития и область применения / С. Н. Шишков, В.Н. Кошелев, В.С. Шишков // Бурение и нефть. - 2008. - №3. - С. 27-31.
33. Бадикова, А.Д. Оценка распределения частиц по размерам в лигносульфонатном сырье и буровых реагентах на его основе методом лазерной дифракции / А.Д. Бадикова, И.Н. Куляшова, Ф.Х. Кудашева, Р.А. Ялалова и др. //Башкирский химический журнал. - 2015. - Т. 22, № 2. - С. 22-25.
34. Закис, Г.Ф. Определения функциональных групп лигнина / Г.Ф. Закис, Л.Н. Можейко, Г.М. Телышева. - Рига: Изд-во Зинатне, 1975. -176с.
35. ОАО НПО «Бурение» Методика контроля параметров буровых растворов РД 39-00147001-773-2004. / Руководящий документ -2004.
36. M-I SWACO, группа «Шлюмберже», Системы растворов и реагентов для бурения // Решения для бурения – Редакция 6, 2014

37. Инструкция №13-107 по охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы».
38. Типовая инструкция по охране труда для лаборанта химического анализа / Охрана труда в России (электронный ресурс). Режим доступа: свободный. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/392170/ (дата обращения: 08.04.2020).
39. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
40. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
41. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
42. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
43. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
44. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
45. СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
46. Воздействие тока на организм человека / АО Энергетик (электронный ресурс). Режим доступа: свободный. URL: http://www.energetik-ltd.ru/statii/statii6/vozdeystvie_toka_na_organizm_cheloveka (дата обращения: 10.04.2020).
47. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).
48. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

49. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 682 с.
50. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
51. Инструкция о мерах пожарной безопасности в научно-инновационной лаборатории «Буровые промывочные и тампонажные растворы».
52. Должностная инструкция лаборанта (электронный ресурс). Режим доступа: свободный. URL: <https://hr-portal.info/job-description/dolzhnostnaja-instrukcija-laboranta> (дата обращения: 04.05.2020).
53. Приказ Минтруда России от 09.12.2014 №997н "Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением".
54. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ.
55. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
56. Постановление Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10 (ред. от 02.10.1991) "Об утверждении Списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение".
57. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

Приложение А
(справочное)

Investigation of the properties of drilling fluids based on polyacrylamide

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ92	Соколов Александр Владимирович		14.06.2021

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова В.Н.	к.т.н.		15.06.2021

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения иностраннных языков	Матвеевко Ирина Алексеевна	д.ф.н.		15.06.2021

1. Literary review

The solution of complex technical and technological problems in the construction of oil and gas wells, as well as the success of creating a long-term facility for extracting hydrocarbons from the bowels is ensured by the use of drilling fluids.

In world practice, at the moment, there are trends in the complication of the profile of wells and an increase in drilling depth, in addition to this, requirements are imposed for more and more efficient and complete exploitation of productive formations. And as a consequence of all this, the likelihood of all sorts of complications increases.

The composition and properties of the drilling fluid, according to the requirements for it, should not have a negative impact on the reservoir properties of the productive formation, as well as provide the possibility of preventing most of the likely complications.

The drilling fluid must be stable under conditions of varying degrees and composition of mineralization, as well as when exposed to high bottomhole temperatures. In addition, it must be safe for service and working personnel, not dangerous in terms of fire and not pose a threat to the environment.

1.1 Functions and classifications of drilling fluids

1.1.1 Drilling fluid functions

There are many requirements for drilling fluid. Historically, the main function of the drilling fluid has been to remove cuttings formed during the deepening of the well. To date, the number of functions of the drilling fluid has increased significantly. This is due to the proportional increase in the number of drilling operations. In rotary drilling, the main functions performed by the drilling fluid are:

1. Carrying out cuttings to the surface during drilling along the annular space.
2. Bit cleaning and cooling.
3. Reducing friction between the drilling tool and the borehole wall.

4. Maintaining the stability of the borehole walls.
5. Preventing the flow of fluids - oil, gas or water - from permeable rocks into the well.
6. Creation of a thin, impermeable cake on the borehole walls.
7. Assistance in the collection and interpretation of information obtained from the study of cuttings and core samples.

In combination with the above functions, there are certain limitations on drilling fluids. The drilling fluid should not:

1. Harm the drilling personnel and the environment.
2. Require expensive well completion methods.
3. Disturb the reservoir properties of the productive formation.
4. Corrode or cause excessive wear on the drilling equipment.

1.1.2 Drilling fluid composition

There are various classifications of drilling fluids, but the most common is the classification depending on the dispersion medium or the so-called base of the drilling fluid:

- *Water-based drilling fluids.* The solid particles of the dispersed phase are dispersed in water or brine. The oil can also be emulsified in water, which is the dispersion medium.
- *Oil-based drilling fluids.* The solid particles are dispersed in the oil. Water or brine can be emulsified in oil, that is, the oil is a continuous dispersion medium.
- *Foam systems and gases.* The cuttings are carried to the surface by a high-velocity air or natural gas stream. Foaming agents are added to remove water from the system.

Particles of the solid phase that somehow get into the drilling mud can be clay colloidal particles that are deliberately introduced into the system to provide the necessary rheological and filtration properties of the mud; heavy minerals (usually barite, added to increase the density of the drilling mud) and rock, "accumulated" in the process of deepening the well.

The aqueous phase of the drilling fluid can contain dissolved salts, both introduced for a specific purpose, and undesirably released from the formation. Solid particles can be divided into three groups depending on their size: colloidal particles ranging in size from 0.005 to 1 micron (1 micron = 0.001 mm), which impart viscous and filtration properties to the drilling fluid; sludge and bar it (sometimes called "inert solid phase"), 1-50 microns, which provide the required density; and sand, 50-420 microns, which, in addition to clogging some highly porous reservoirs, can be abrasive and wear out drilling equipment. In this regard, the sand content in the drilling fluid is usually strictly limited, especially when drilling a production casing interval.

The activity of the colloidal phase is mainly due to the small size of the particle (and, therefore, the high specific surface area) relative to its mass. Because of this, high specific surface area, the behavior of particles is mainly determined by electrostatic charges on their surface, which lead to either attraction or repulsion of the particles. Clay minerals are particularly active colloidal particles, partly because of the tiny size of the lamellae, or so-called "clay packs," and partly because of their molecular structure. Together, these factors lead to the formation of negative charges on the basal surfaces of particles and positive charges on their end faces. The interaction between these opposite charges has a significant effect on the viscosity of clay drilling fluids at low shear rates and is responsible for the formation of a reversible structure during those moments when the drilling fluid is at rest and does not circulate. In other words, the presence of colloidal clay particles in the drilling fluid determines its thixotropic properties.

Clays are rocks that are composed of montmorillonite, kaolinite and illite, of which montmorillonite is the most active mineral. Other minerals such as quartz, feldspar, calcite, etc., can also be present as colloidal particles or as larger particles. When clay is mixed with water, the viscosity of the resulting solution depends on the minerals it contains. Commercial clays used in drilling fluids are rated for their "yield", which is defined as the volume of drilling fluid with an apparent viscosity of 15 centipoise obtained from 1 ton of clay. Wyoming bentonite, which

contains about 85% montmorillonite, has the highest yield to date. Similarly, in the well, the increase in the viscosity of the drilling fluid is significantly higher when drilling "young" rocks than when driving "old" rocks that do not show physicochemical activity.

In the first case, the viscosity must be maintained by chemical treatment, dilution or mechanical separation of solid particles on the surface. In the second, the rock must be removed mechanically, and the necessary rheological and filtration properties can be maintained by introducing commercial bentonite or polymers.

If there is a technological need, colloidal clay particles are sometimes supplemented or even completely replaced by organic components. Starch or cellulosic polymers can be added to the solution if clays begin to flocculate when the solution is contaminated with salts or cement. Cellulosic, polyacrylic and natural polymers are also used in low solids drilling fluids to help maintain wellbore stability and minimize dispersion of cuttings in the fluid. These polymers are made up of long chains of monomers that are adsorbed onto the surface of the cuttings particles and prevent crumbling. The viscous properties of these polymers are mainly due to the adsorption of water by their functional groups. They are not capable of forming a thixotropic structure (with the exception of one polymer, which will be discussed a little further).

The colloidal phase of the oil-based drilling fluid can be oxidized asphalt or bitumen. The required rheological and filtration properties are achieved by emulsifying water in the hydrocarbon phase of the solution (known as invert emulsion). The thixotropic properties of this system can be obtained by adding clays treated with surfactants. This treatment makes the clay dispersible in oil, i.e. oleophilic. Similarly treated lignite can be added to the solution to obtain improved filtering properties, if there is a technological need.

1.1.3 Drilling mud parameters. The main reasons for changing and adjusting parameters

To ensure high-quality well construction and performance of functions, the drilling fluid must have universal properties.

The main reasons for changing the parameters of the drilling fluid during drilling include:

1) *Increase in the concentration of the solid phase due to particles of drilled rocks.*

From 50 to 90 percent of the mass of particles of destroyed rocks are removed using a treatment system. The rest, the most finely dispersed, remain in the flushing liquid. Part of the disperse system is spent on wetting them: the larger the surface area of the solid phase particles, the greater the disperse system consumption is spent on wetting. Therefore, with an increase in the amount of the solid phase and an increase in its specific surface area, as a result of the dispersion of particles, the rheological properties of the flushing liquid increase, the fluid loss and the thickness of the crust change. These changes are especially intense during the destruction of rocks of highly colloidal clays using a water-based flushing fluid.

2) *Physicochemical and mechanical dispersion of these particles.*

In the process of circulation of the drilling mud, the particles of the cuttings are destroyed by mechanical and physical-chemical means. As a result, the concentration of the solid phase increases. Part of the dispersion medium is consumed for its wetting, and as a result, the parameters of the drilling fluid change.

3) *The flow of formation water and gases.*

If fresh water enters the water-based flushing fluid, the rheological properties decrease (stability decreases, fluid loss increases). A more complex effect on the properties of a water-based flushing fluid is observed when saline formation waters enter it. An increase in water content should dilute the flushing liquid, but chemical reactions occur between the ions of saline water and clay particles. Therefore, if the increase in the water content of the flushing fluid is insignificant, and the increase in mineralization is moderate, then hydrophilic coagulation may occur, in which the

thickness of the water shells on clay particles decreases, and the static shear stress, the thickness of the filter cake, fluid loss and conditional viscosity also increase. If the mineralization increases strongly, then a complete neutralization of the charges of clay particles with their further flocculation into large aggregates can occur. At the same time, the suspension stratifies into liquid and solid phases, loses its thixotropic properties and increases its fluid loss.

4) Dissolution of rocks.

When drilling salt deposits or permafrost intervals, salt or ice dissolves in the drilling fluid. At the same time, the values of rheological properties change, stability deteriorates, and fluid loss increases.

5) Increase in temperature with depth.

With an increase in temperature, the plastic viscosity of the drilling fluid decreases and the fluid loss and static and dynamic shear stresses of clay suspensions increase. Clay suspensions treated with calcium can solidify at temperatures above 130 ° C with further formation of calcium hydroaluminosilicates during chemical reactions of calcium with silica and clay. When the temperature rises more than a certain limit, decomposition of the chemical reagents with which the flushing fluids are treated may occur.

6) Increase in pressure with depth.

If the liquid is not carbonated, then the increase in pressure on the properties of the water-based liquid has little effect. If the liquid is prepared on a hydrocarbon basis, then its dynamic shear stress (DS), viscosity and density increase with increasing pressure with increasing temperature.

7) Bacterial effects.

Most often, chemically treated water-based flushing fluids are used for drilling operations, which leads to a deterioration in their properties. The reason for the deterioration of their properties can also be the decomposition of chemical reagents under the influence of bacteria when the temperature rises above a certain limit.

1.1.4 Features of compositions and properties of drilling fluids used in drilling

Nowadays, for the elimination and prevention of complications arising in the process of drilling, a huge amount of flushing fluids has been developed using various kinds of chemical reagents.

The use of reagents made it possible to create specialized drilling fluids for various kinds of geological and technical conditions, as well as to overcome temperature aggression. In many cases, it turned out to achieve results and expand drilling capabilities, and this largely determined the technical process of field development.

One of these achievements is the use of gypsum, calcium chloride and lime solutions, the common name for all of them is inhibited. They maintain their rheological properties for a long time, have a high clay content and, in addition, facilitate the penetration of unstable rocks.

When drilling hard rocks at a mechanical speed of no more than eight to nine meters per hour, low-clay solutions are used that occupy an intermediate position between water and ordinary clay solutions. The low concentration of the solid phase, which provides many advantages over clay solutions with a classical clay concentration: a decrease in the likelihood of gland formation and sticking, an increase in rate of penetration, a decrease in hydraulic resistance and, at the same time, maintaining the same retention and clay properties, determines the effectiveness of the use of low-clay solutions.

But the presence in the section, thickening the solution, plastic clays and colloidal clays that do not undergo flocculation, as well as low density impose restrictions on the use of low-clay solutions.

At present, to prevent sloughing and hydration of shale clays during the construction of wells with a depth not exceeding 3000 m, non - dispersing solutions with a low solids content are used for flushing, leading to flocculation of cuttings. This is achieved by adding reagents - flocculants without affecting the structuring component of the drilling mud - bentonite clay.

To obtain solutions of low density, characterized by good rheological and filtration properties, with a high inhibitory effect and selective action, additives of Na, Mg, Al, Fe salts, as well as their combinations, are introduced into clay polymer solutions.

Inhibited muds are used when drilling unstable, self-dispersing rocks. The inhibition effect consists in the physicochemical interaction of clay and electrolyte, which leads to the suppression of the swelling of clay rocks. At the same time, the level of clay hydrophilicity should ensure the aggregative and kinetic stability of the drilling mud system, and the achieved degree of coagulation reduces the sensitivity of clay dispersions to the effects of electrolytes, formation waters, and solid phase. The clay content of the system increases, and the adsorption of Ca^{+2} , K^{+} , Ba^{+2} ions on clays helps to reduce the swelling of clays, and increases resistance to moisture.

At present, a large number of varieties of inhibiting drilling fluids are known and widely used: chlorcalcium, potassium, lime, gypsum, aluminate, silicate, solutions with controlled osmotic activity, and others.

Potassium solutions are the most promising for drilling in unstable clays. However, when particles of cuttings are supplied, they thicken strongly, as a result of which an aqueous solution of lignosulfonates is introduced to effectively regulate the rheological properties of the stems.

In addition to clay, water and lime, lime muds, which are most effective for drilling in clay rocks that pass easily into solution, include caustic soda and reagents - viscosity and filtration reducers. When lime is introduced into a clay solution, calcium with two free valences is attached to one or two clay particles, forming long chains that increase the viscosity of the solution. However, with stirring, the chain breaks with the formation of aggregates of particles that are larger than the particles before the introduction of lime. To prevent the formation of chains, lignosulfonate reagents resistant to the action of calcium are introduced into the clay solution.

Gypsum solutions are used in conditions of occurrence of saline formation waters of both sulphate and calcium types, they are more resistant, in comparison

with calcareous and calcium chloride, to the action of polyelectrolytes and high temperatures. Sulfate ions, which are part of formation waters and are introduced together with calcium, have a higher coagulating effect than hydrate ions. In this regard, to protect clay particles from coagulation during inhibition by gypsum, chemical reagents are required that have the ability to effectively regulate the rheological properties of the solution, have stabilizing properties, and also contain sulfo groups in their composition and do not precipitate when interacting with calcium. All these criteria are met by reagents based on lignosulfonate.

Aluminate solutions are used for drilling mudstones and low-moisture (up to 10% moisture) highly colloidal clays. The positive effect of the application is based on the fact that the aluminum hydroxide formed in the solution, being adsorbed on the cuttings, prevents its passage into the solution, clogs cracks and pores, thereby reducing water cut in the formations, and strengthens the wellbore walls. However, the selectivity of the application is due to the creation of a hydration shell around the hydroxide during its formation, which reduces the strength of the positive charge. Negatively charged clay particles, as a result, are deprived of the ability to attract hydrated positively charged aluminum hydroxide and therefore they do not dehydrate and do not coagulate.

To solve this problem, lignosulfonate-based reagents are introduced into aluminate solutions, which combine well with aluminum hydroxide and help prevent hydration and dispersion of clays.

To increase the stability of the wellbore during drilling of crumbling rocks, silicate solutions are used, the effect of which is due to the exchange of sodium cations of water glass with calcium cations of clay rocks. The liberated calcium cations interact with water glass silicate anions to form an insoluble calcium silicate compound exhibiting cementing properties. However, silicate solutions have not found wide application due to the fact that the properties of the solutions are poorly controlled, have low heat resistance and reduce the ROP due to thickening during the enrichment of drilled clay rock. The use of silicate solutions of high concentration causes high material costs.

Sulfite-salt solutions containing up to 40% lignosulfonates and up to 25% sodium chloride are one of the varieties of inhibited systems. Sulfite-salt solutions provide the necessary viscosity and filtration due to lignosulfonates, which form colloidal dispersed solutions. To improve the structural and mechanical properties, up to 6% bentonite clay powder is introduced into the solutions. The limitation in the use of sulfite-salt solutions in the practice of flushing wells is explained by the fact that sulfite-salt solutions do not provide the stability of the walls of wells composed of clay rocks.

Emulsion muds are used for drilling clay and clay-carbonate rocks prone to swelling, the formation of oil seals on drill pipes, tightening and sticking of tools, etc. The positive technological effect of the use of emulsion solutions is based on the formation of a thin film on the surface of the rock being drilled, rock cutting tools and drill pipes, which leads to an increase in drilling efficiency, an increase in the durability of the tool operation time, a decrease in pipe friction against the borehole walls, which contributes to the performance of an important function of emulsion solutions - prevention of puffs and sticks.

The clay component in this system acts not only as an emulsifier, but also in the presence of the oil phase forms conjugated suspension-emulsion structures. Highly dispersed clay particles form structured adsorption layers on the interfaces with high strength, covering and thereby protecting the globules from aggregation, which are connected into structural chains that contribute to the formation of a rigid and durable framework structure. The considered mechanism explains the structural and mechanical properties of emulsion solutions with a low solid phase content; however, such structure formation reduces the clay content of the solutions and leads to thickening. To effectively eliminate thickening, reagents are used - viscosity reducers. Emulsion solutions acquire stability, since the introduced chemical enhance the role of clay as an emulsifier.

Based on the review of the types and properties of drilling fluids, it can be noted that drilling fluids have passed a long and difficult path of development from simple to multicomponent dispersed systems that are stable and capable of

withstanding the aggression of salts of different composition and degree of mineralization, high and low temperatures and thickening capacity of the drilled rocks.

Clay solutions are the simplest and most economical, however, as a flushing fluid, they have significant drawbacks: they are unstable when drilling water-soluble rocks and saline formation waters, which can be expressed in different ways: an increase in viscosity and ultimate shear stress, the formation of a loose, thick and sticky filter cake, due to, what the clay system stratifies and its coagulation liquefaction or hydrophobic coagulation occurs. The listed changes in the properties of the mud are the cause of complications when drilling wells and can lead to a significant decrease in drilling speeds. In this regard, subsequent work in the field of improving and developing systems of clay solutions and chemical reagents contributing to the prevention of various complications, were aimed at increasing their efficiency in conditions of high temperatures and mineralization of the environment .

In the mid-40s, interest in drilling fluids increased after many specialists established the dependence of the initial productivity of the exposed oil reservoirs on the quality of the clay solutions used. Today, the most promising solutions are solutions with a low solid phase content. The role of oil-based solutions and especially invert emulsions and aerated solutions has increased.

The achievement of recent years by a number of foreign and domestic companies, scientists from research institutes and universities involved in the study of drilling fluid systems is the use of clay-free polymer and biopolymer solutions, which contribute to the maximum preservation of the initial productivity of reservoirs. These compositions are based on polymers of plant origin, products of targeted synthesis, and polymers.

However, among them, apparently for a long time, the main place will be occupied by clay-based drilling fluids, which is explained by the possibility of preparing a wide range of different types of drilling fluids used, in particular, when

drilling in difficult geological and physical conditions and when creating heat-resistant drilling media.

Practically in all types of drilling muds on a clay basis, to regulate technological parameters, reagents are used - viscosity reducers, especially lignosulfonate, in this regard, it is of interest to maintain the release of reagents based on lignosulfonate, including reagents - viscosity reducers.

To expand the field of application of silicate and sulfite-salt solutions, which have a number of significant drawbacks, it is of interest to consider the possibility of the combined use of sodium silicate and lignosulfonate reagents in order to obtain a drilling fluid that ensures the stability of the well walls, which has high rheological properties and is resistant to temperature and mineralization.